
Х.А.БЫСТРИЦКИЙ • З.М.ДУБРОВСКИЙ • Б.В.РЕБРИК

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



Х. Я. БЫСТРИЦКИЙ, З. М. ДУБРОВСКИЙ,
Б. Н. РЕБРИК

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЭЛЕКТРОВЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Утверждено

*Главным управлением учебными заведениями МПС
в качестве учебника для технических школ
машинистов и помощников машинистов
электровзов*



МОСКВА ТРАНСПОРТ 1982

Рецензенты: В. И. Посвященный, В. П. Кучма,
В. А. Спасов

Быстрицкий Х. Я. и др.

Б95 Устройство и работа электровозов переменного тока: Учебник для техн. школ ж.-д. трансп./Х. Я. Быстрицкий, З. М. Дубровский, Б. Н. Ребрик.—4-е изд., перераб. и доп.—М.: Транспорт, 1982.—456 с., ил., табл.

Рассмотрены конструкция, а также принципы действия узлов и аппаратов электровозов переменного тока, работа электрических цепей в тяговом и тормозном режимах и вопросы, связанные с эксплуатацией электровозов.

По сравнению с предыдущим изданием, вышедшим в 1973 г., книга дополнена материалами по электровозам ВЛ80^к, ВЛ80^с и ЧС4^с.

Книга утверждена Главным управлением учебными заведениями МПС в качестве учебника для технических школ железнодорожного транспорта, а также может быть полезна работникам, занятым эксплуатацией и ремонтом электровозов.

Б 3602030000-946 67-81
049(01)-82

ББК 39.232
6Г1.4

© Издательство «Транспорт», 1982

ОТ АВТОРОВ

В Советском Союзе к началу 1982 г. электрифицировано свыше 18 тыс. км железных дорог на переменном токе напряжением 25 кВ промышленной частоты. В дальнейшем электрификация будет осуществляться преимущественно на переменном токе. В связи с этим большие работы выполняются по совершенствованию существующих и созданию новых электровозов переменного тока на базе современных достижений науки и техники. Особое внимание уделяется повышению тяговых параметров электровозов, их энергетических показателей и эксплуатационной надежности.

В связи с этим четвертое издание учебника дополнено рядом новых материалов, отражающих последние достижения отечественного электровозостроения. В частности, приведены новые схемные решения, принятые в электрических цепях электровозов переменного тока, обусловленные применением управляемых полупроводниковых вентилей—тиристоров, описана новая аппаратура.

Наибольшее распространение на сети железных дорог получили серийные магистральные электровозы переменного тока ВЛ80^с. Поэтому в книге дано подробное описание электрических схем этого электровоза, причем в порядке, соответствующем тому, в котором машинист приводит в действие электровоз и управляет им. При рассмотрении схем электрических цепей электровозов остальных серий (ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^п, ВЛ80^с) внимание уделяется особенностям как их построения, так и работы. Полностью схемы и оборудование этих электровозов приводятся в соответствующих инструкционных книгах.

Настоящее издание дополнено главами об электровозах ВЛ80^п с рекуперативным торможением и плавным регулированием напряжения, а также об электровозах ВЛ80^с, предназначенных для работы по системе многих единиц. Следует иметь в виду, что в процессе выпуска электровозы постоянно совершенствуются—модернизируются отдельные устройства, узлы и аппараты. Поэтому вполне понятно, что на электровозах одной серии, но различных лет постройки узлы и аппараты могут не принципиально (в деталях) отличаться от описанных в учебнике. Как и в предыдущих изданиях, авторы считали своей основной задачей разъяснение принципов работы и устройства тяговых аппаратов, построения и работы электрических цепей электровозов. При этом предполагалось, что учащиеся знакомы с основами электротехники и электроники, а также с принципами работы электрических машин.

Все пожелания и замечания по книге просим направлять по адресу: 107174, Москва, Басманный туп., 6а, издательство «Транспорт».

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОВОЗАХ

§ 1. Развитие электрической тяги в СССР

Электрификация железных дорог в СССР началась в 1926 г. Тогда был электрифицирован пригородный участок Баку—Сабунчи—Сураханы Азербайджанской дороги на постоянном токе при напряжении в контактном проводе 1200 В. Следующий участок, также пригородный, Москва—Мытищи Московской дороги был электрифицирован в 1929 г. на постоянном токе при напряжении в контактном проводе 1500 В.

В июне 1931 г. на состоявшемся Пленуме ЦК ВКП(б) была принята резолюция по вопросу «Железнодорожный транспорт и его очередные задачи». Пленум ЦК ВКП(б) постановил: «Признать, что ведущим звеном реконструкции железнодорожного транспорта в перспективе его развития является электрификация железных дорог». В той же резолюции было отмечено: «Пленум подчеркивает особое народнохозяйственное значение дела электрификации железных дорог и предлагает ВСНХ в полной мере обеспечить развертывание промышленности для выполнения этого плана». Планы Коммунистической партии успешно выполняются.

Электрификация первого магистрального участка, главным образом для грузового движения, Хашури—Зестафони Закавказской дороги на постоянном токе при напряжении 3 кВ была осуществлена в 1932 г. Электрификация железных дорог на напряжении 3 кВ постоянного тока, прогрессивном для того времени, продолжалась включительно до конца 1959 г. На начало 1982 г. на электрическую тягу переведено около 44 тыс. км, из которых свыше 18 тыс. км на переменном токе напряжения 25 кВ и частоты 50 Гц.

Производство электропоездов для пригородных участков электрифицированных железных дорог было организовано на московском заводе «Динамо» и Мытищинском вагоностроительном заводе, а производство электровозов ВЛ19 и ВЛ22 для магистральных участков, начиная с 1932 г.,—на московском заводе «Динамо» и Коломенском машиностроительном заводе. В 1934 г. на московском заводе «Динамо» им. Кирова начались работы по созданию электровозов переменного тока промышленной частоты 50 Гц при высоком напряжении в контактном проводе. Основными достоинствами системы электрической тяги на переменном токе являются: простота тяговых подстанций, большая экономия цветных металлов и лучшие тяговые свойства электровозов, что при прочих равных условиях достигается постоянным параллельным соединением тяговых двигателей.

Однако создание электровозов переменного тока в те годы было исключительно трудным делом. Для этого требовались прежде всего приемлемые в условиях железных дорог выпрямители—ионные или

электронные вентили большой мощности. Отсутствие таких вентилях было основным препятствием для применения переменного тока при электрификации железных дорог. Работы завода «Динамо» им. Кирова по созданию первого электровоза переменного тока промышленной частоты 50 Гц при напряжении 20 кВ в контактном проводе были закончены в 1938 г. выпуском опытного образца мощностью 2000 кВт. На этом электровозе типа ОР (однофазный ртутный) был установлен металлический многоанодный ртутный выпрямитель с откачной системой для поддержания вакуума и сеточным регулированием.

Наибольшее применение электрическая тяга на переменном токе получила после окончания Великой Отечественной войны. В 1947—1954 гг. заводы Новочеркасский электровозостроительный (НЭВЗ) и «Динамо» им. Кирова проводили работы по созданию электровозов переменного тока промышленной частоты высокого напряжения, используя в качестве выпрямителей тока игнитроны (одноанодные запаянные ртутные вентили) большой мощности. В 1954—1956 гг. была изготовлена партия шестиосных электровозов ВЛ61 для опытного участка Ожерелье—Павелец, электрифицированного на переменном токе 50 Гц.

Открытие первого магистрального участка на переменном токе промышленной частоты напряжением 25 кВ Чернореченская—Клюквенная Восточно-Сибирской дороги состоялось в г. Красноярск 31 декабря 1959 г. Для этого участка НЭВЗ изготовил большую партию шестиосных электровозов переменного тока ВЛ60 с игнитронными выпрямителями. Опытные электровозы этой серии проходили испытания на участке Ожерелье—Павелец в 1958—1959 гг.

В 1961 г. Новочеркасским заводом были изготовлены опытные образцы восьмиосных электровозов переменного тока ВЛ80. По мере освоения новых типов восьмиосных электровозов переменного и постоянного тока производство шестиосных электровозов сокращалось и было прекращено: постоянного тока в 1957 г., а переменного в 1967 г. С 1968 г. НЭВЗ перенес на производство электровозов постоянного тока ВЛ10 мощностью на 20% выше, чем у электровоза ВЛ8.

Днепропетровский электровозостроительный завод в 1963 г. выпустил партию маневровых четырехосных электровозов переменного тока ВЛ41, оборудованных выпрямительными игнитронными установками.

В 1964 г. была оборудована на базе электровозов ВЛ61 опытная партия шестиосных электровозов ВЛ61^А двойного питания для работы на линиях как постоянного тока напряжением 3 кВ, так и переменного 25 кВ; в обоих режимах работы использовалась полная мощность электровоза. В 1966 г. выпущены опытные образцы восьмиосных электровозов двойного питания ВЛ82.

Начиная с 1958 г. проводились работы по созданию электровозов переменного тока (при игнитронных выпрямителях) с рекуперативным торможением. Эти работы были успешно закончены в 1964 г. выпуском большой партии электровозов ВЛ60^Р.

В 1961—1962 гг. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) впервые с успехом применил силовые кремниевые полупроводниковые вентили в качестве

выпрямителей тока на электропоездах переменного тока. В 1962 г. полупроводниковые установки применили на электровозе ВЛ60^к. С 1965 г. прекратили установку игнитронных выпрямителей на электровозах переменного тока, и с этого времени перешли исключительно на полупроводниковые.

Применение полупроводниковых выпрямительных установок значительно повысило эксплуатационную надежность электровозов, их коэффициент полезного действия и коэффициент мощности. Начиная с 1966 г. при производстве заводского ремонта на электровозах ВЛ60 выпрямительные игнитронные установки заменили кремниевыми полупроводниковыми. В последнее время эти установки комплектовались полупроводниковыми лавинными вентилями.

В 1967 г. к 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции были изготовлены макетные образцы электровозов новых типов, в преобразовательных установках которых использовались силовые управляемые полупроводниковые вентили — тиристоры. Опытные образцы электровозов ВЛ80^р с рекуперативным торможением были выпущены в 1969 г., в следующем году — электровоз ВЛ80^н-661 с бесколлекторными вентильными тяговыми двигателями и в 1971 г. — электровоз ВЛ80^н-751 с короткозамкнутыми асинхронными двигателями. В 1976 г. был изготовлен восьмиосный электровоз переменного тока ВЛ83 с одномоторными двухосными тележками и вентильными тяговыми двигателями. В 1977 г. был создан первый опытный грузовой электровоз переменного тока ВЛ81 с опорно-рамным подвешиванием тяговых двигателей.

В 1973—1974 гг. на Новочеркасском электровазостроительном заводе были изготовлены два электровоза ВЛ12 постоянного тока напряжением 3 кВ с независимым возбуждением тяговых двигателей не только в режиме рекуперации, но и в режиме тяги вместо тяговых двигателей с традиционным последовательным возбуждением (серийной характеристикой).

Начиная с 1968 г. все электровозы переменного и постоянного тока, изготавливаемые в СССР для отечественных железных дорог, выполняются восьмиосными на четырех двухосных тележках. Отечественное электровазостроение непрерывно развивается и совершенствуется на основе новейших достижений науки и техники.

§ 2. Общая схема питания электрифицированной железной дороги

Рассмотрим общую схему питания электроэнергией электрифицированной железной дороги (рис. 1). От электростанции или энергосистемы электроэнергия трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, напряжения 220, 110 или 35 кВ по проводам линии электропередачи (ЛЭП) передается к тяговой подстанции. На подстанции производится снижение подводимого напряжения до значения, принятого для контактной сети: на линиях постоянного тока — до 3 кВ, на линиях переменного тока — до 25 кВ. На участках, электрифицированных на постоянном токе, на тяговой подстанции осуществляется еще и выпрямление переменного тока (преобразование его в постоянный) с помощью статических преобразователей тока.

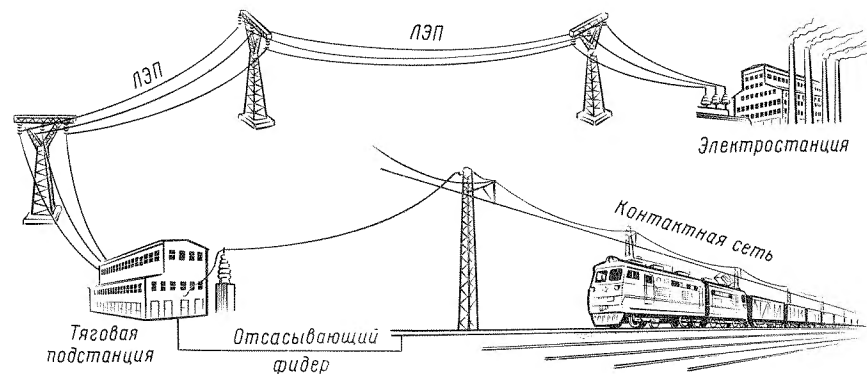


Рис. 1. Схема питания электрифицированных железных дорог

От подстанции ток поступает в контактную сеть и через токоприемник и пускорегулирующую аппаратуру — к тяговым двигателям электровоза. От двигателей ток проходит через рельсы и отсасывающий фильтр к тяговой подстанции. Таким образом осуществляется замкнутый контур электрического тока на линиях постоянного тока. На линиях, электрифицированных на переменном токе, замкнутый контур тока образуется присоединением одного конца X первичной обмотки трансформатора электровоза к рельсу и далее через отсасывающий фидер к подстанции.

Коэффициент полезного действия (к.п.д.) электрической тяги выражается произведением к.п.д. отдельных звеньев системы питания электрифицированной железной дороги. Например, к.п.д. электротяги переменного тока определяется произведением к.п.д. тепловой или гидроэлектрической станции, линии высоковольтной передачи от станции к тяговой подстанции, к.п.д. последней, контактной сети и самого электровоза. Если энергия поступает от тепловой электростанции, к.п.д. которой примерно 40%, то полный к.п.д. электрической тяги составляет около 30%. Если же энергия поступает от гидроэлектростанции, к.п.д. которой достигает 90%, то к.п.д. электротяги составляет 65—67%.

К настоящему времени около 20% электрифицированных железных дорог получает питание от гидроэлектрических станций и, следовательно, примерно одна пятая устройств электрической тяги работает с очень высоким к.п.д.: 65—67%. С тем же примерно к.п.д. работают электрифицированные железные дороги, которые начали получать энергию от атомных электростанций.

§ 3. Классификация электровозов и принятые обозначения

По роду тока различают электровозы постоянного и переменного тока. На электровозах постоянного тока изоляция всех силовых и вспомогательных устройств должна быть рассчитана на рабочее напряжение сети 3 кВ. На электровозах переменного тока имеются понижающие трансформаторы, поэтому рабочее напряжение тяго-

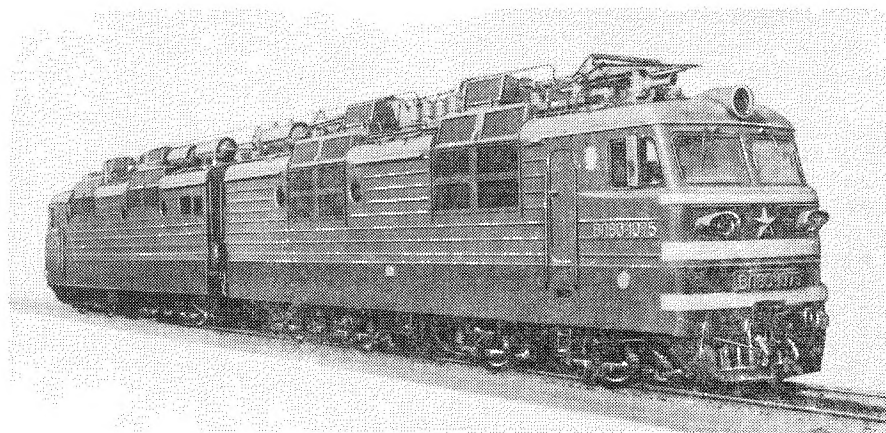


Рис. 2. Электровоз ВЛ80^Т

вых двигателей и вспомогательных машин может быть выбрано независимо от напряжения сети, т. е. изоляция их будет рассчитана на меньшее напряжение. Это позволяет при прочих равных условиях применять тяговые двигатели более высокой мощности.

Электровозы различают также по назначению — грузовые, пассажирские, маневровые и, кроме того, по числу осей — четырех-, шести- и восьмиосные.

Ходовые части электровозов характеризуют осевой формулой. Например, осевая формула 3_0+3_0 показывает, что электровоз шестиосный, имеет две трехосные тележки. Индекс «0» обозначает индивидуальный привод от тягового двигателя к оси; знак «+» указывает на то, что обе тележки связаны шарнирно и, следовательно, передача тягового усилия к поезду производится через их рамы. Осевая формула $2_0-2_0-2_0-2_0$ показывает, что электровоз восьмиосный, имеет четыре двухосные тележки, которые друг с другом не соединены, и тяговые усилия к поезду передаются через рамы кузова.

В Советском Союзе построены и находятся в эксплуатации электровозы со следующими осевыми формулами: 3_0+3_0 — шестиосные ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23; $2_0+2_0+2_0+2_0$ — восьмиосные ВЛ8; $2_0-2_0-2_0-2_0$ — восьмиосные ВЛ10, ВЛ80^К, ВЛ80^Т и ВЛ82^М и 3_0-3_0 — шестиосные ВЛ60^К.

Всем электровозам отечественного производства присвоено обозначение ВЛ в честь Владимира Ильича Ленина. Номер в наименовании соответствует определенным типам электровозов: от 1 до 18 — восьмиосные постоянного тока (например, ВЛ8, ВЛ10), от 19 до 39 — шестиосные постоянного тока (ВЛ19, ВЛ23); от 40 до 59 — четырехосные переменного тока (ВЛ40, ВЛ41); от 60 до 79 — шестиосные переменного тока (ВЛ60^К); от 80 — восьмиосные переменного тока и двойного питания (ВЛ80^К, ВЛ82^М).

На электровозах, помимо механического, может быть применено электрическое торможение. Различают электрическое торможение рекуперативное и реостатное. К обозначению серии электровозов с

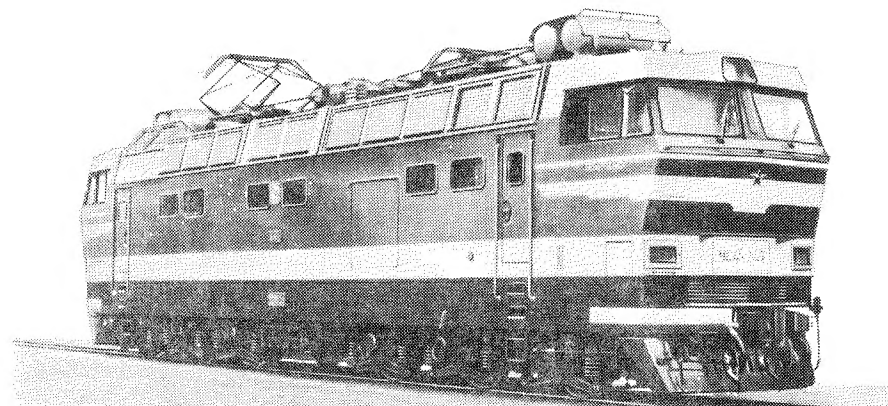


Рис. 3. Электровоз ЧС4^Т

рекуперативным торможением добавляют букву «р», а с реостатным — букву «т»: например, ВЛ80^Р, ВЛ80^Т.

В Советском Союзе на электрифицированных линиях железных дорог находятся в эксплуатации электровозы переменного тока грузовые ВЛ80^К, ВЛ80^Р, ВЛ80^Т, ВЛ80^С (рис. 2), ВЛ60^К, ВЛ60^Р и пассажирские ЧС4^Т (рис. 3), а также двойного питания ВЛ82, ВЛ82^М.

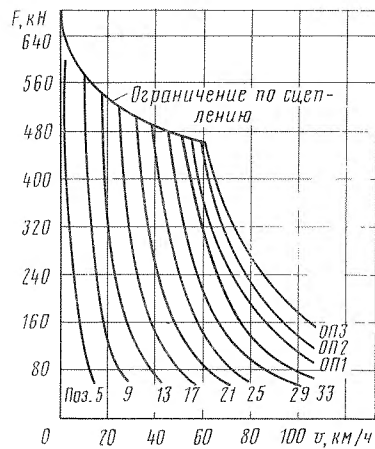
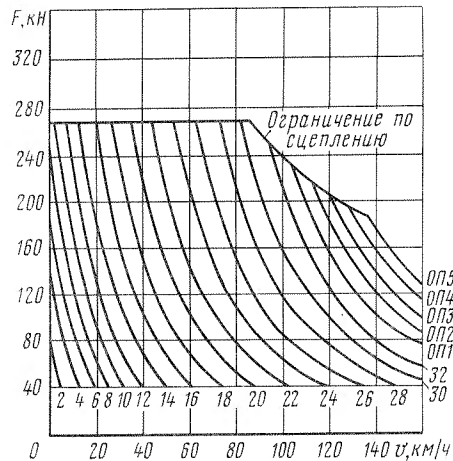
§ 4. Тяговые характеристики электровозов переменного тока

Энергетические показатели электровозов переменного тока характеризуются значением к.п.д. и коэффициента мощности. Под *коэффициентом мощности* понимается отношение активной мощности

Таблица 1

Показатели	Характеристики электровозов серии		
	ВЛ80 ^Т ВЛ80 ^Р	ВЛ60 ^К	ЧС4 ^Т
Назначение электровоза	Грузовой		Пассажирский
Напряжение контактной сети, В	25 000	25 000	25 000
Осевая формула	$2(2_0-2_0)$	3_0-3_0	3_0-3_0
Сценной вес, кН	1840/1920	1 380	1 260
Нагрузка от колесной пары на рельсы, кН	230/240	230	210
Часовой режим:			
мощность на валах тяговых двигателей, кВт	6 520	4 650	5 100
сила тяги, кН	451	318,6	147
скорость, км/ч	51,6	52,0	107

Показатели	Характеристики электровозов серии		
	ВЛ80 ^к , ВЛ80 ^р	ВЛ60 ^к	ЧС4 ^к
Длительный режим:			
мощность на валах тяговых двигателей, кВт	6 160	4 070	4 920
сила тяги, кН	409	264	168
скорость, км/ч	53,6	55,6	109
Скорость конструкционная, км/ч	110	100	180
К.п.д. (длительный режим)	0,84	0,84	0,87
Коэффициент мощности	0,866	0,850	—
Длина по осям автосцепки, мм	32 840	20 800	19 980
Ширина кузова, мм	3 160	3 160	3 200
Высота от головки рельса до опущенного токоприемника, мм	5 100	5 100	5 195
Диаметр колеса, мм	1 250	1 250	1 250
Тип тягового двигателя	НБ-418К6	НБ-412К	АЛ-4442пР
Тип зубчатой передачи	Двусторонняя, косозубая, жесткая		Односторонняя
Подвешивание тяговых двигателей	Опорно-осевое		Опорно-рамное
Передаточное число	88:21	88:23	74:28
Электрическое торможение	Реостатное/рекуперативное	Нет	Реостатное

Рис. 4. Тяговые характеристики электровозов ВЛ80^к, ВЛ80^п, ВЛ80^рРис. 5. Тяговые характеристики электровоза ЧС4^к

(совершающей полезную работу) к кажущейся (полной мощности). Коэффициент мощности отечественных электровозов переменного тока приведен в табл. 1. К.п.д. электровозов переменного тока несколько ниже, чем у электровозов постоянного тока; для выпрямительных электровозов он составляет примерно 85%.

Тяговые характеристики электровозов переменного тока, выражающие зависимости силы тяги от скорости, для основных типов электровозов, эксплуатируемых на отечественных железных дорогах, даны на рис. 4 и 5. Технические данные электровозов переменного тока основных типов приведены в табл. 1.

§ 5. Общее описание устройства электровоза

Электровоз состоит из механической части и электрического оборудования.

Механическая часть представляет собой тележки и кузов. Кузов опирается на рамы тележек, а они в свою очередь через систему рессорного подвешивания и буксы — на колесные пары. Тележки электровоза оборудованы рычажно-тормозной передачей и пневматическими приборами, необходимыми для приведения ее в действие, а также устройствами для подвешивания тяговых двигателей.

Электровоз при движении всегда находится во взаимодействии с верхним строением пути. Хорошие ходовые качества электровоза характеризуются спокойным движением его в кривых и прямых участках пути. Чтобы добиться такого состояния, устанавливаются специальные устройства (возвращающие, амортизирующие и др.), обеспечивающие плавность хода электровоза. Электрооборудование состоит из тяговых двигателей, число которых на электровозе, как правило, равно числу осей, вспомогательных машин (компрессоров — для получения сжатого, воздуха, вентиляторов — для охлаждения оборудования и т. д.), тяговых трансформаторов, выпрямительных установок и электрической аппаратуры (токоприемники, контакторы, выключатели, аппараты защиты и т. д.).

Тяговые двигатели расположены на тележках. Имеются два способа подвешивания тяговых двигателей: опорно-осевое, широко применяемое на грузовых электровозах, и рамное, используемое главным образом на пассажирских. При опорно-осевом подвешивании тяговый двигатель одной стороной прикреплен к раме тележки, а другой, противоположной, через подшипник опирается на ось колесной пары. Таким образом, примерно половина массы двигателя является подрессоренной, а другая половина (на оси колесной пары) — не подрессоренной. При рамном подвешивании двигатель прикреплен к раме тележки и его масса полностью подрессорена относительно колесной пары. Такая же система подвешивания применена на электровозах с одномоторными двух- или трехосными тележками.

Остальное электрооборудование размещают в кузове электровоза и на крыше (токоприемники пантографного типа, разрядники, главные выключатели).

Для удобства и безопасности обслуживающего персонала применена косвенная дистанционная система управления электровозом.

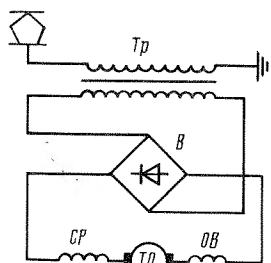


Рис. 6. Принципиальная схема электропоезда со статическими преобразователями

При таком управлении каждый силовой аппарат состоит из двух элементов. Один элемент аппарата введен в цепи высокого напряжения и осуществляет все переключения в них, а другой включен в цепи управления, питаемые напряжением 50 В. Машинист с помощью цепей управления производит включения и отключения в силовых цепях дистанционно, т. е. на расстоянии.

Силовая аппаратура расположена в высоковольтной камере кузова. Когда токоприемник поднят и силовые цепи электропоезда находятся под высоким напряжением, войти в высоковольтную камеру нельзя, так как двери заперты электрическими и пневматическими блокировками. Аппараты управления, работа-

ющие на напряжении 50 В (контроллер машиниста, кнопочные выключатели и др.), размещены в кабинах машиниста.

На электропоездах переменного тока пуск и регулирование скорости осуществляют изменением напряжения на зажимах тяговых двигателей путем изменения (регулирования) напряжения на первичной или вторичной обмотке тягового трансформатора. В СССР широкое распространение получил способ регулирования на вторичной обмотке трансформатора. На электропоездах переменного тока также применяют ослабление возбуждения тяговых двигателей.

За рубежом в некоторых странах еще до сих пор работают электропоезда переменного тока пониженной частоты $16\frac{2}{3}$ Гц при напряжении в контактной сети 15 кВ с однофазными коллекторными тяговыми двигателями переменного тока. В Советском Союзе для линий, электрифицируемых на переменном токе промышленной частоты 50 Гц, серийно выпускают электропоезда однофазно-постоянного тока со статическими преобразователями.

От токоприемника (рис. 6) ток подводится к понижающему тяговому трансформатору Тр (регулирование напряжения на его вторичной обмотке) и далее к статическому преобразователю В, состоящему из кремниевых полупроводниковых вентилях и работающему по схеме двухполупериодного выпрямления тока. При выпрямлении тока возникают большие пульсации его. Для их сглаживания применяют сглаживающие реакторы СР. Выпрямленный пульсирующий ток подводится к тяговым двигателям ТД.

Описанию электропоездов со статическими преобразователями посвящена эта книга.

§ 6. Общие сведения

Четырехосные электропоезда имеют две двухосные тележки и кузов; шестиосные — две трехосные тележки и кузов, а восьмиосные — четыре двухосные тележки и два сочлененных кузова.

На механическую часть электропоезда действует нагрузка, создаваемая весом механического, электрического и пневматического оборудования. Кроме того, механическая часть передает тяговые усилия от электропоезда к поезду и воспринимает динамические нагрузки, возникающие при движении электропоезда по кривым и прямым участкам пути. Механическая часть должна быть достаточно прочной, а также отвечать требованиям безопасности и правилам технической эксплуатации железных дорог. Для обеспечения нормальной и безаварийной работы необходимо, чтобы все механическое оборудование находилось в полной исправности и отвечало нормам, установленным правилами ремонта.

Электропоезд должен вписываться в габарит подвижного состава 1Т ГОСТ 9238—73. Под *вписыванием электропоезда в габарит* понимаем соответствие его поперечного сечения при любом положении предельного поперечному очертанию габарита подвижного состава.

Электропоезда переменного тока имеют кузова вагонного типа. Основной элемент кузова — рама. Она воспринимает вертикальные нагрузки, а также все сжимающие и растягивающие усилия, возникающие при движении электропоезда с поездом. Кузов имеет полуобтекаемую форму. Он разделен на несколько помещений; по концам размещают кабины машиниста, в центре — высоковольтную камеру и машинное помещение. Вдоль кузова идут коридоры, соединяющие обе кабины машиниста. Из коридоров можно наблюдать за состоянием и работой оборудования во время движения электропоезда. В кузове имеются песочные ящики, жалюзи для забора воздуха, воздухопроводы.

Тележка электропоезда состоит из рамы, колесных пар, буксовых узлов, рессорного подвешивания, рычажно-тормозной передачи, подвесок тяговых двигателей и тяговых передач.

Кузов на тележки опирается с помощью центральных и боковых или только боковых опор. Если в качестве боковых применены гибкие опоры в виде цилиндрических пружин, то такой электропоезд имеет двухступенчатое рессорное подвешивание: одна ступень — между буксовым узлом и рамой тележки, другая — между рамами тележки и кузова. В той ступени подвешивания, где применяются только цилиндрические пружины, устанавливают амортизаторы для поглощения энергии ударов, вызывающих колебания цилиндрических пружин.

Тележки всех восьмиосных электропоездов ВЛ80^к, ВЛ80¹, ВЛ80^р и других типов (рис. 7) двухосные. Рама 1 такой тележки замкнутого

типа с одним шкворневым (поперечным) брусом, расположенным посередине. Колесные пары 2 имеют двустороннюю зубчатую передачу 3, защищаемую специальным кожухом. Буксовый узел 4 бесчелюстного типа с резинометаллическими поводками и роликовыми подшипниками.

Рессорная система состоит из листовых рессор 5, расположенных под буксами, и цилиндрических пружин. Первая ступень рессорного подвешивания — это устройство, с помощью которого рама тележки упруго опирается на буксовую коробку и подшипники, а через них на шейку оси колесной пары. Вторая ступень представляет собой устройство, называемое люлечным подвешиванием. Кузов через систему пружин и стержней опирается на рамы тележек. Такая система двухступенчатого рессорного подвешивания имеет статический (в состоянии покоя электровоза) прогиб, равный 117,6 мм. Ранее на восьмиосных электровозах во второй ступени рессорного подвешивания кузов через систему цилиндрических пружин опирался на

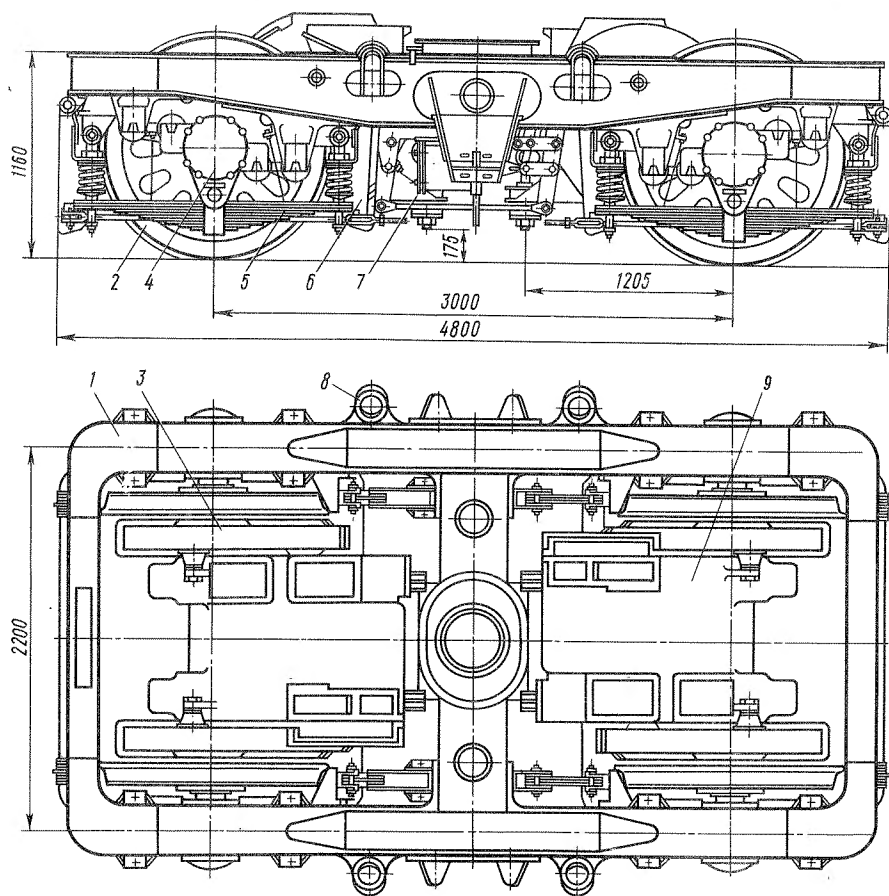


Рис. 7. Тележка восьмиосных электровозов

накладки, расположенные в центре продольных балок рамы тележек. У таких электровозов статический прогиб комплекта рессор составляет 94,4 мм. В шкворневом брус 8 предусмотрено отверстие для шкворня рамы кузова.

В рычажно-тормозной передаче 6 (см. рис. 7) предусмотрено двустороннее нажатие тормозных колодок.

Тяговые двигатели 9 имеют опорно-осевое подвешивание и расположены внутри тележки таким образом, что во вторых точках подвешивания они опираются на кронштейны шкворневого бруса. Такое расположение обеспечивает наиболее спокойный ход тележек.

Остов тягового двигателя подвешивают на шкворневом брус с помощью упругого устройства 7. На двигателе расположены вентиляционные патрубки.

Тележка электровоза ВЛ60^к трехосная (рис. 8). Ее рессорная система состоит из листовых 2 и цилиндрических 1 рессор, а также балансиров 5, обеспечивающих равномерное распределение веса между отдельными осями тележек. Общий статический прогиб комплекта рессор составляет 85,2 мм. Кронштейн 3 служит основанием для боковых опор кузова; половина веса кузова передается через них, а половина — через центральные опоры маятникового типа. Подвеска тяговых двигателей опорно-осевая. Для передачи вращающего момента от вала якоря к оси колесной пары применена двусторонняя зубчатая передача, которая находится в специальном кожухе 11. Устройства подвески 7 тягового двигателя 6 расположены на двух шкворневых балках тележки и одной концевой балке, на которой предусмотрен кронштейн 10.

Применена рычажно-тормозная система 4 с двусторонним нажатием тормозных колодок. Буксовый узел выполнен бесчелюстным и состоит из цилиндрических двухрядных подшипников качения, приливов для листовых рессор 9 и резинометаллических поводков 8, которыми брус соединяется с рамой тележки.

Тележка пассажирского электровоза ЧС4¹ трехосная (рис. 9). Рама тележки 10 замкнутого типа сварена из стальных штампованных профилей. Продольные и поперечные балки имеют коробчатое сечение. Поперечный брус 12 является шкворневым. К нему приварена коробка шкворня с возвращающим устройством. Центральный шкворень передает тяговые усилия от тележки на раму кузова, а также воспринимает все горизонтальные усилия.

Первая ступень рессорного подвешивания состоит из цилиндрических пружин 2, установленных между рамой тележки и буксовым узлом 7 с помощью балансира 3. В этой ступени имеется амортизатор 5. Вторая ступень представляет собой также цилиндрические пружины, которые установлены между рамами тележки и кузова. Для установки их на продольных балках рамы тележки предусмотрены накладки 6 и ванны. Общий статический прогиб комплекта рессорного подвешивания составляет 144 мм. К поперечным балкам приварены консоли для крепления тормозных цилиндров и подвесок 4 рычажно-тормозной системы. Тяговые двигатели 11 имеют опорно-рамное подвешивание. Двигатели расположены внутри тележки и подвешены к поперечным балкам рамы в точках А и Б.

Буксовый узел бесчелюстного типа с резинометаллическими поводками и роликовыми подшипниками. Колесные пары 8 имеют

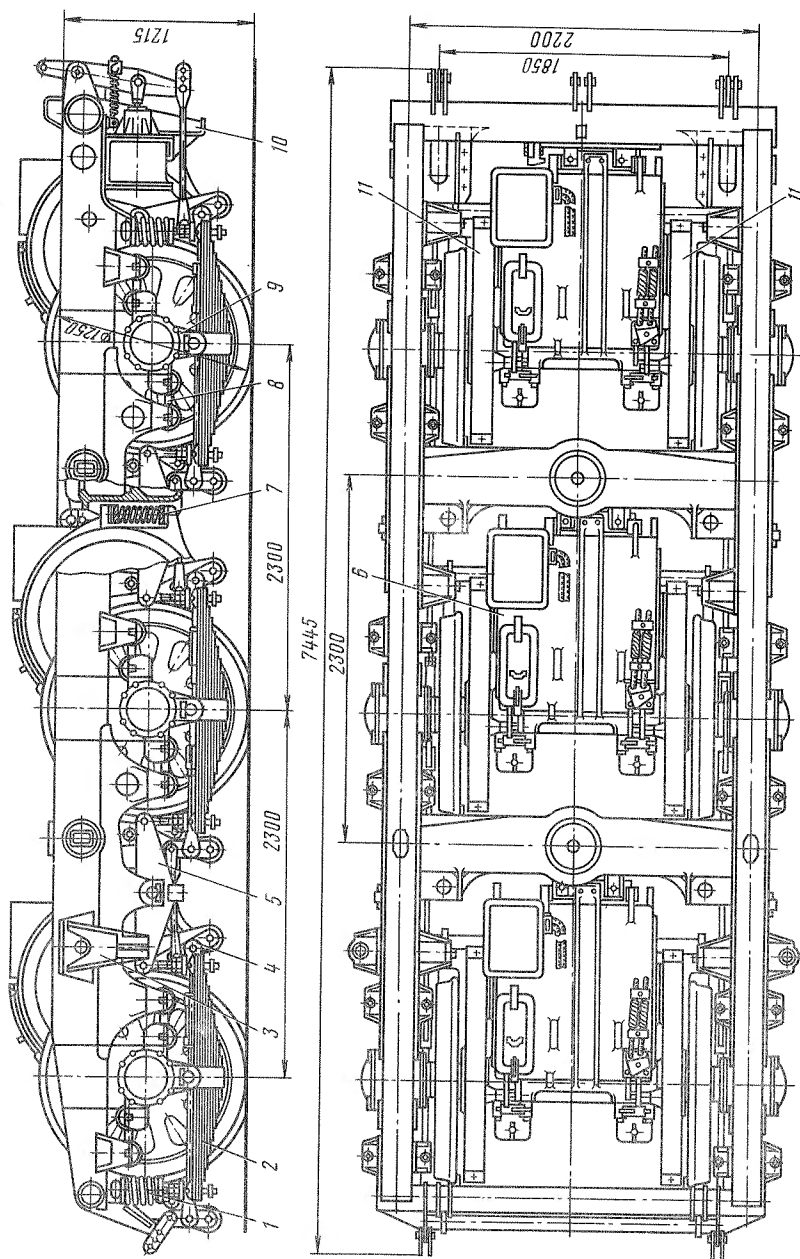


Рис. 8. Тележка электрохода ВЛ160 к

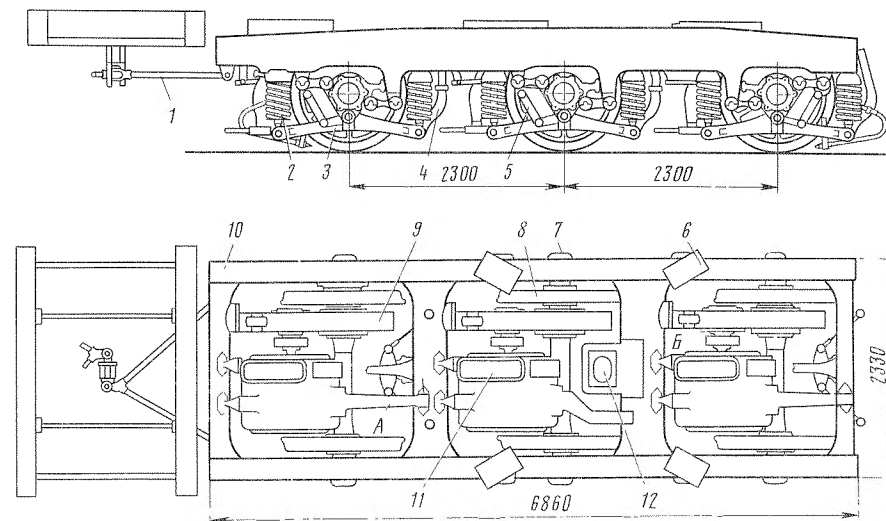


Рис. 9. Тележка электрохода ЧС4¹

одностороннюю зубчатую передачу 9. Упругую связь между двумя трехосными тележками электрохода создает возвращающее устройство 1. Оно способствует более спокойному ходу электрохода на прямых участках пути и лучшему вписыванию его в кривые. Кроме того, для обеспечения свободного прохождения кривой у средней колесной пары тележки подрезан гребень бандажа на 10 мм.

§ 7. Рамы тележек

На рамах тележек размещено и укреплено все необходимое оборудование ходовой части электрохода. Рамы воспринимают вес кузова электрохода и оборудования, расположенного в нем, вес тяговых двигателей, системы рессорного и тормозного оборудования, а также передают эти веса (нагрузки) на оси колесных пар.

Кроме того, через раму тележки передаются тяговые усилия на раму кузова. На раму тележки действуют также усилия, возникающие при торможении, ударах, и боковые усилия, появляющиеся, когда электроход вписывается в кривые. Например, при прохождении кривых рельсового пути трехосной тележкой боковые усилия возникают вследствие того, что передняя колесная пара набегает на наружный рельс, а средняя испытывает отжатие от внутреннего рельса.

Нагрузка от кузова передается на раму тележки через систему опор в виде сосредоточенных сил, которые в свою очередь распределяются равномерно по колесным парам. Нагрузки от веса кузова и оборудования, действующие на раму тележки, относят к статическим силам. Они имеют вертикальное направление, а тяговые и тормозные усилия, воспринимаемые и передаваемые рамой тележки, действуют в горизонтальном направлении.

На раму тележки воздействуют также и динамические силы, возникающие при движении электровоза вследствие колебаний подпружиненных элементов оборудования, действия центробежной силы и сил инерции в режимах трогания и торможения, а также в случае прохождения неровностей пути. Совместное действие статических и динамических сил в различных сочетаниях определяет сложные условия, в которых приходится работать рамам тележек. Прочность рам должна обеспечивать безопасность движения.

Обычно рамы тележек электровозов имеют внешнее расположение букс. Колесные пары размещают внутри рам.

Рамы тележек электровоза состоят из продольных балок (боковин) и поперечных креплений. Наибольшие усилия приложены к средней части продольных балок. Поэтому боковина имеет большее сечение в середине и меньшее по краям. Переход от одного сечения к другому должен быть плавным, чтобы не возникло резкой концентрации напряжений в металле рамы. Под концентрацией напряжений понимается местное увеличение напряжений в материале, вызванное резкими переходами сечений или резкими очертаниями детали. В местах надреза (возникшего при сварке или обработке), отверстий, резьбы могут развиваться усталостные трещины и, как следствие этого, происходить поломка деталей.

К продольным балкам присоединяют кронштейны резинометаллических поводков при бесчелюстной системе буксового узла, детали рессорной и тормозной систем, а также боковые опоры кузова. На поперечных брусках, соединяющих продольные боковины, расположены узлы подвески тягового двигателя, подпятники центральных опор. Продольные боковины и поперечные бруска рам тележек могут быть штампованными или из гнутых профилей; их также можно изготовить из стального литья и металлических труб. Все соединения на рамах тележек выполняют электросваркой.

Рамы тележек у всех восьмиосных грузовых электровозов одинаковые. Такая рама (рис. 10) состоит из двух продольных боковин, двух концевых брусков и одного шкворневого. Боковины 3 выполнены из листовой стали (толщина стенок 12—14 мм) и имеют переменное коробчатое сечение. В середине, где возникают наибольшие напряжения при работе тележки, сечение боковины максимальное — высота его равна 410 мм. На концах боковины высота сечения значительно меньше — 198 мм.

Продольные боковины соединены тремя поперечными брусками 2 и 12. Концевые бруска 2 коробчатого сечения выполняют из листовой стали (толщина стенок 12—14 мм) с помощью электросварки. К кронштейнам 11 присоединяют подвески рычажно-тормозной передачи. Среднее поперечное крепление 12 — шкворневой брус — состоит собственно из шкворневого бруса и коробки шаровой связи, отлитых из стали. Шкворневой брус коробчатого сечения имеет для усиления ребра жесткости. В средней части бруса находится овальное коническое углубление, через которое проходит шкворень.

Центральный шкворень передает тяговые усилия от тележки электровоза на раму кузова, а также воспринимает все другие горизонтальные силы, возникающие между рамой кузова и тележкой. Сбоку к шкворневому брусу приваривают кронштейны 4 и 7, а к продольной боковине — кронштейны 8 с проушинами для подвески

рычагов ручного тормоза. На нижней стороне шкворневого бруса имеются площадки для приварки кронштейна 5 под установку тормозных цилиндров. В коробке шаровой связи предусмотрены проушины для подвески тяговых двигателей. По концам шкворневого бруса расположены цилиндрические цапфы диаметром 220 мм, которые входят в отверстия боковин рам. После окончательной сборки брус приваривают к боковинам. К концевому брусу 2 приварена накладка 1 под ролик прогнivorазгрузочного устройства.

В средней части боковин с наружной стороны предусмотрены кронштейны 6 под гидравлические амортизаторы. Эти кронштейны также приваривают. В средней части верхних листов боковин приварены усиливающие их накладки 14. К накладке и к наружной стороне боковины приварены кронштейны 13 люлечного подвешивания. К нижнему листу боковины приварены литые кронштейны большой 9 и малый 10, образующие буксовый проем. Расстояние между центрами кронштейнов равно 990 мм. В кронштейнах предусмотрены пазы для установки буксовых поводков.

Все поперечные крепления соединяют с боковинами рамы электросваркой, используя специальные электроды. Качество сварных

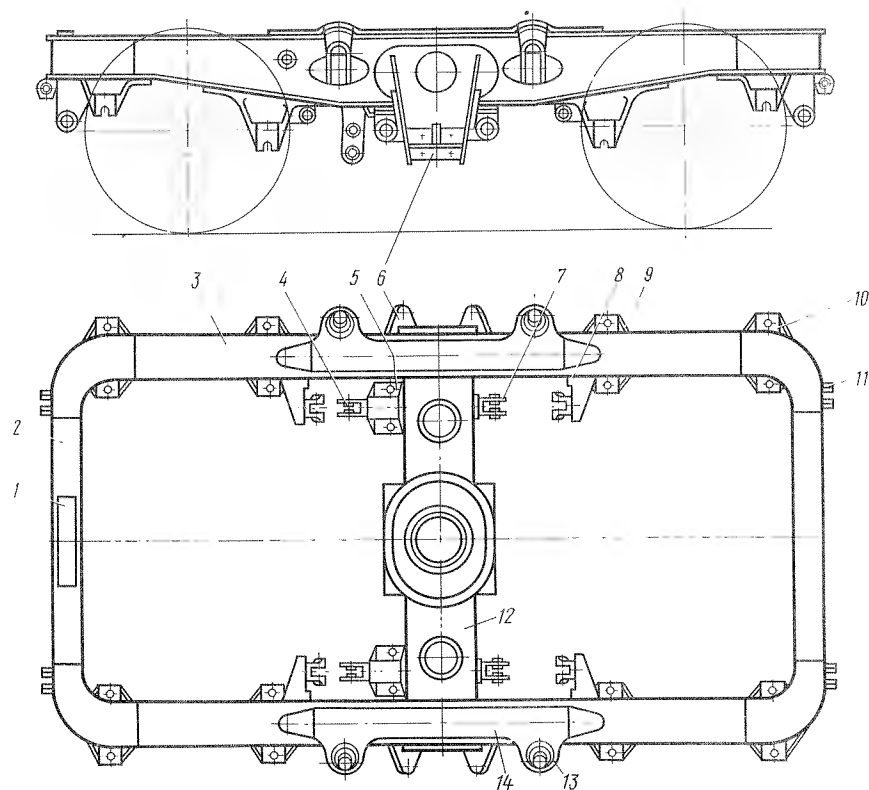


Рис. 10. Рама тележки восьмиосных электровозов

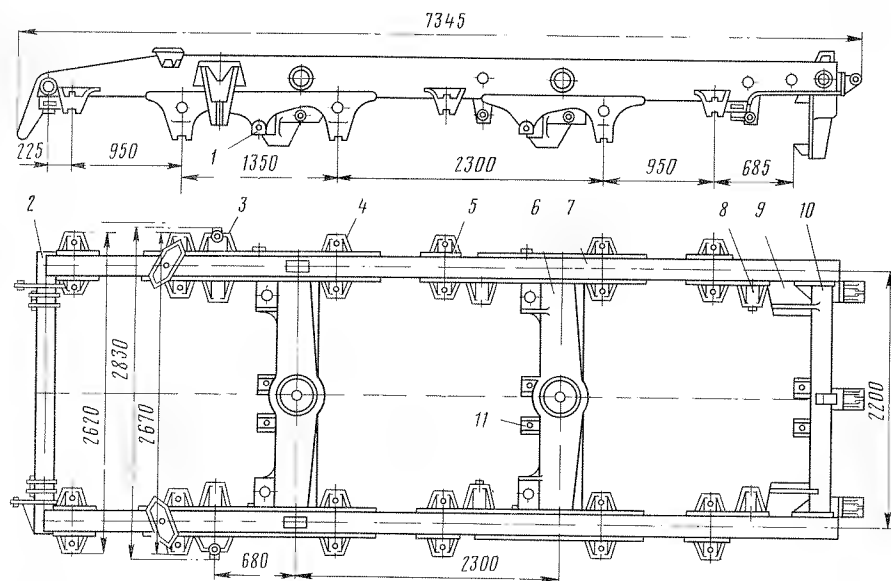


Рис. 11. Рама тележки электровоза ВЛ60^к

швов проверяют ультразвуковым дефектоскопом. При сварке рамы в металле возникают внутренние напряжения, которые в эксплуатации могут привести к появлению трещин. Чтобы снять эти напряжения, раму тележки подвергают термообработке, т. е. нагревают в специальной печи и затем медленно охлаждают.

Для достижения необходимой точности при сборке тележек опорные плоскости пазов буксовых кронштейнов, плоскости под установку опор кузова, кронштейны под тормозные подвески, отверстия в раме тележки обрабатывают на специальных станках.

Рама тележки электровоза ВЛ60^к (рис. 11) состоит из двух продольных балок (боковин) и четырех поперечных креплений. Боковины 7 имеют коробчатое сечение; их изготавливают из листовой стали марки Ст 3 электросваркой. Толщина стенок 10 мм.

В местах буксовых узлов боковины усилены литыми кронштейнами в виде желобов 1. К наружной плоскости каждой боковины приварено по одному литому кронштейну 3 для установки боковой опоры кузова. Кронштейны большой 4 и малый 5 образуют буксовые проемы. Тормозные кронштейны 8 и 9 приварены к внутренней плоскости боковины.

Концевые поперечные крепления 2 и 10 выполнены из стальных труб с толщиной стенок 10 мм. К ним приварены тормозные кронштейны. На электровозах последних выпусков концевые брусья выполнены литыми.

На двух поперечных креплениях 6, расположенных в средней части рам (так называемые шкворневые брусья), устанавливают центральные опоры кузова. Для этого в средней части бруса предусмотрено чашеобразное углубление, к дну которого прикрепляют болтами стальной конус центральной опоры. Сбоку в этих

брусьях, а также в одном концевом брусе имеются кронштейны 11 для подвески тяговых двигателей, а в нижней части брусьев предусмотрены специальные ушки для подвески деталей тормозной рычажной передачи. Шкворневые брусья коробчатого сечения с ребрами жесткости отливают из стали. Толщина их стенок 20 мм.

После сварки раму тележки подвергают термообработке, а затем механической обработке, как и у восьмиосных электровозов.

§ 8. Колесные пары

Колесные пары электровоза воспринимают вертикальные нагрузки от кузова, оборудования, расположенного в нем, тележек, тяговых двигателей и передают эти нагрузки на рельсы. При движении колесные пары воспринимают также все жесткие удары от неровностей пути как в вертикальном, так и горизонтальном направлении и сами воздействуют на путь.

В движение колесные пары приводятся тяговыми двигателями, вращающий момент которых передается через зубчатую передачу. Колесная пара электровоза состоит из оси, двух колесных центров с бандажами и зубчатых колес (одно или два в зависимости от принятой системы зубчатой передачи). Шейки осей находятся с внешней стороны от колес, поскольку рамы тележек электровозов изготавливают только с внешним расположением букс.

Колесные пары (рис. 12) для всех восьмиосных электровозов и шестиосных ВЛ60^к одинаковы по конструкции. Большие зубчатые колеса 3 с косыми зубьями (одно левого, другое правого направления) запрессовываются на удлиненную ступичную часть центра 2. Этим достигаются меньшие концентрации напряжения в оси 1, чем при посадке зубчатого колеса непосредственно на ось. Кольцо 4

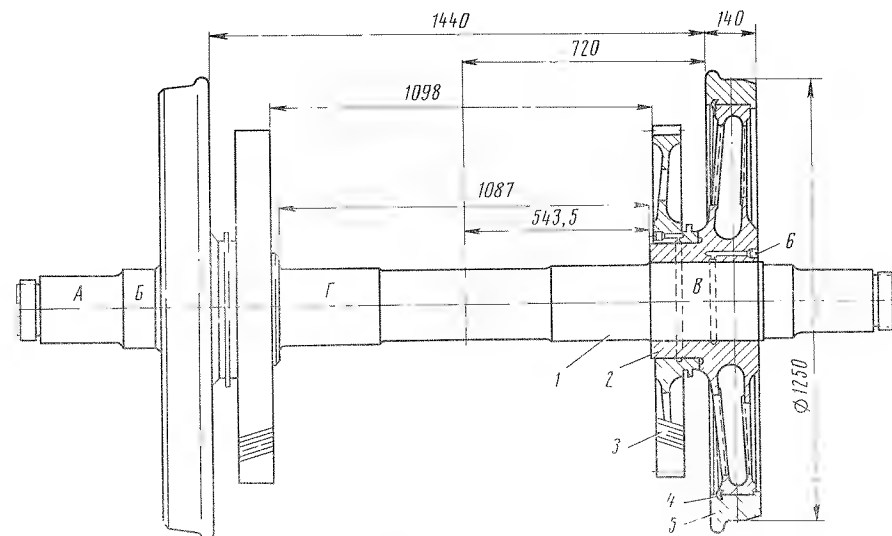


Рис. 12. Колесная пара электровозов

применено для предотвращения сползания бандажа 5 с колесного центра. Чтобы уменьшить усилие распрессовки колесного центра с оси, подают масло к их посадочным поверхностям. Для этого на внутренней образующей ступицы центра делается канавка, а в теле ступицы—отверстие 6 для подачи масла под давлением. Такие же канавка и отверстие имеются в ступице большого зубчатого колеса.

Вертикальная нагрузка от веса электровоза создает усилия изгиба, действующие на ось, а вращающий момент тягового двигателя—усилия кручения. Последние возникают и при вписывании электровоза в кривые в моменты, когда колесо на одном конце оси проскальзывает относительно колеса на другом конце той же оси. При вращении колесной пары ось испытывает знакопеременную нагрузку от усилий изгиба. Это может вызвать явления усталости металла, приводящие к разрушению оси. Так, в металле микротрещины могут развиваться при каждой перемене знака нагрузки. Прочность материала оси должна быть такая, чтобы ось, не разрушаясь, выдерживала неограниченное число перемен направления нагрузки.

На концевые части оси А—шейки—насаживают буксовые подшипники, а на подступичную часть В напрессовывают колесные центры. Между шейкой и подступичной частью находится предподступичная часть Б. По краям оси имеется резьба для гайки, закрепляющей внутреннее кольцо роликовых подшипников. На торцах оси просверливают по два отверстия для крепления планки, предотвращающей отвинчивание гайки. На осях есть еще шейки Г под моторно-осевые подшипники. Диаметры указанных частей оси различны.

Подступичную часть оси выполняют наибольшего диаметра, чтобы уменьшить концентрацию напряжений, возникающих при запрессовке центра колеса на ось. С целью снижения концентрации напряжений от усилий изгиба и кручения переход от части оси одного диаметра к части другого радиуса осуществлен плавно, радиус перехода обычно принимают в пределах от 40 до 100 мм.

Поверхность оси обрабатывают с высокой точностью. Все части ее, кроме средней, шлифуют. Шейки, подступичные части, среднюю часть и галтели, кроме того, еще накатывают роликами с усилием 24,5 Н. При накатке устраняют риски и царапины, около которых в металле обычно возникают концентрации напряжений: они могут вызвать появление трещин и в конечном итоге излом оси.

Материал для осей электровозов должен иметь большую вязкость и прочность. Оси изготавливают из специальной углеродистой стали с высокими механическими свойствами: предел прочности при растяжении 539—597,8 МПа, относительное удлинение 21—23%, ударная вязкость 490—686 кПа.

Колесные центры изготавливают из стального литья повышенного качества с пределом прочности на растяжение не менее 441 МПа и относительным удлинением 19%. После отливки их тщательно отжигают в печах, чтобы снять внутренние напряжения в металле. Жесткость колесных центров по краям ступицы относительно невелика, и вследствие этого после посадки их на ось в местах контакта двух поверхностей не возникает большой концентрации напряжений.

Колесные центры выполняют или с удлиненной ступицей под центр большого зубчатого колеса, или с нормальной ступицей.

Поверхности обода центра, ступицы по внутреннему диаметру и по наружному на удлиненной части обрабатывают на станках. Все части колесного центра имеют плавные переходы и очертания.

На электровозах ВЛ60^к и всех восьмиосных установлены колесные центры двухдисковые (рис. 13). Такой центр имеет удлиненную ступицу 2, два ряда дисков 3, обод 1 и перегородки 4, соединяющие диски и придающие им необходимую жесткость. В дисках сделаны овальные отверстия для облегчения колесного центра. На удлиненную ступицу колесного центра насаживают большое зубчатое колесо, а на обод—бандаж 5 (см. рис. 12).

Бандажи колесных пар изготавливают из высококачественной стали, временное сопротивление которой должно составлять не менее 931 МПа и относительное удлинение 10%. Поверхности бандажа придают необходимую форму путем механической обработки.

Внешняя поверхность катания бандажа коническая (рис. 14). Это обеспечивает сохранение постоянного зазора между гребнем бандажа и головкой рельса, необходимого для свободного движения электровоза. В кривых участках пути благодаря конусности бандажей колесо, движущееся по внешней нити пути, катится по кругу большего диаметра и проходит большее расстояние, чем колесо, движущееся по внутренней нити пути, которое катится по кругу меньшего диаметра. Если по каким-либо причинам ось колесной пары смещается относительно оси пути, начинается движение по кругам катания разного диаметра. В этом случае появляются силы, сообщающие поперечное перемещение колесной паре и возвращающие ее в первоначальное положение.

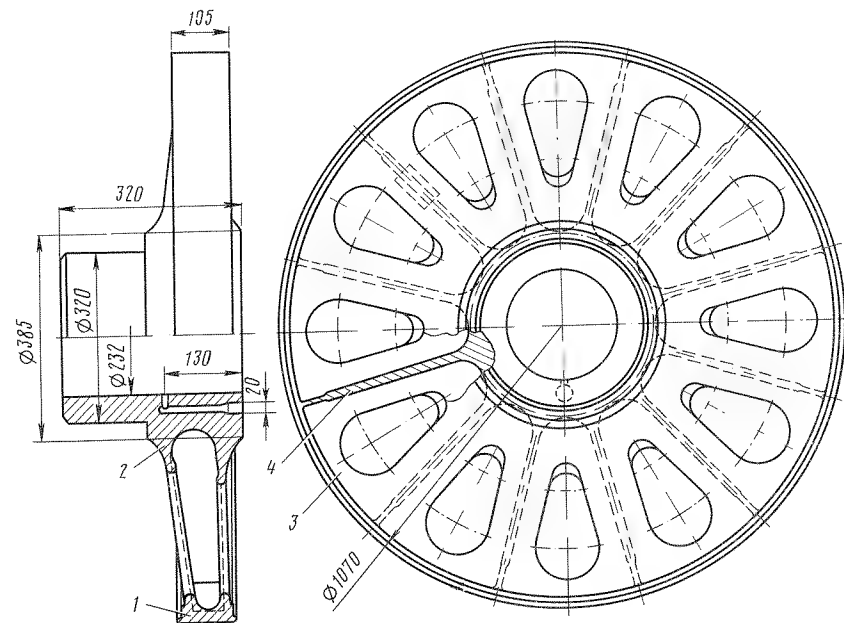


Рис. 13. Колесный центр электровозов

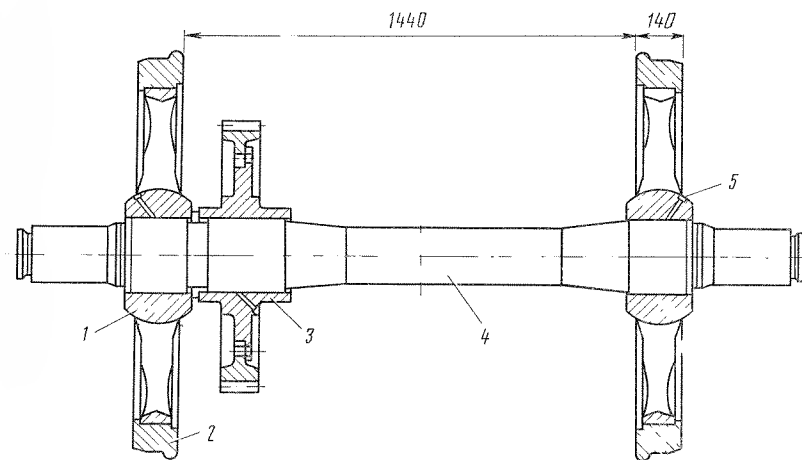
При прохождении кривых пути у электровоза с трехосными тележками правое по ходу колесо 1-й оси набегает на наружную нить рельса, а левое по ходу колесо 3-й оси — на внутреннюю нить. Для того чтобы средняя ось не набегала на одну из нитей рельса и не создавала дополнительных усилий, действующих на рельсовый путь и раму тележки, гребень бандажа подрезают на величину до 15 мм, что обеспечивает для средней оси свободное прохождение кривой. Такая конструкция применена на электровозах ВЛ60^б. Этого можно достичь также, выполнив среднюю ось электровоза с поперечным разбегом в буксовых подшипниках.

Сборку колесных пар производят после того, как закончена подготовка их отдельных элементов: оси, колесного центра, бандажа, зубчатого колеса.

При работе электроваз, особенно в периоды торможения, возможны нагрев бандажа и его ослабление. О повороте бандажа на колесном центре судят по контрольным отметкам (рискам), которые наносят на наружные поверхности и бандажа, и колесного центра.

[illegible]

24



вать до тех пор, пока центр не установится на свое место. В конце запрессовки допускается падение давления не более чем на 5% наибольшего и на длине не более чем на 10%. Перед напрессовкой с целью предупреждения коррозии посадочные поверхности оси и ступиц колесных центров протирают и смазывают чистым растительным маслом, а привалочные торцовые поверхности ступиц колесного центра и большого зубчатого колеса — суриком.

После сборки колесная пара поступает на колесотокарный или колесофрезерный станок для обточки бандажей по кругу катания. Проверку правильности профиля бандажа производят специальным шаблоном. Каждую готовую колесную пару окончательно принимает инспекция МПС на заводе-изготовителе, после чего на колесной паре ставят соответствующие клейма¹.

Правилами технической эксплуатации железных дорог Союза ССР (ПТЭ) запрещается выпускать в эксплуатацию электровозы с поперечной трещиной в любой части оси колесной пары, а также при следующих износах и повреждениях колесных пар: прокат по кругу катания более 7 мм, толщина гребня более 33 мм или менее 25 мм при измерении на расстоянии 20 мм от вершины гребня, вертикаль-

25

идальное сечение и входят в соответствующие вырезы в кронштейнах 1 рам тележек и приливах 2 корпуса буксы. Валик прикрепляют к кронштейнам рамы тележек и приливам корпуса букс с каждой стороны одним болтом.

Когда колесная пара проходит неровности пути, букса перемещается, а поводки, как маятники, поворачиваются относительно рамы тележки на некоторый угол. Валики резинометаллических блоков, жестко укрепленные в трапецеидальных вырезах тележки и буксы, при этом не поворачиваются. Поворот буксового поводка происходит только благодаря деформации резиновых втулок и шайб. Поводки расположены на корпусе буксы по диагонали, что обеспечивает необходимые вертикальные перемещения корпуса буксы относительно рамы тележки при относительно малых радиальных деформациях. Возникающие при закручивании резины деформации не опасны: они меньше допускаемых.

Буксы воспринимают вертикальные нагрузки от веса электровоза и передают их через подшипники на шейку оси. Через буксу также осуществляется передача горизонтальных тяговых и тормозных усилий от колесных пар на раму тележки.

Конструкция буксы должна удовлетворять следующим требованиям: ограничивать возможные перемещения рамы тележки электроваза относительно колесной пары, исключать возможность попадания в буксу посторонних предметов; обеспечивать удобство осмотра, возможность смены и заправки смазки. В буксах устанавливают подшипники с цилиндрическими или сферическими роликами. У средней оси трехосной тележки буксы снабжают устройством, допускающим поперечное перемещение колесной пары этой оси на ± 15 мм. На крышке правой буксы 1-й оси по ходу движения электроваза закрепляют привод скоростемера.

На электровозах переменного тока применяют буксовый узел бесчелюстного типа, в котором отсутствует трение между поверхностью буксы и наличниками буксовых направляющих. Такой узел не требуется смазывать. Передача всех усилий в буксовом узле бесчелюстного типа осуществляется через резинометаллические поводки, состоящие из стального корпуса и валиков с резинометаллическими втулками и шайбами, которые допускают перемещение буксы относительно рамы тележки вследствие упругой деформации резины как в продольном, так и в поперечном направлениях.

На всех восьмиосных и шестиосных электровозах переменного тока (рис. 16) в каждой буксе установлено по два однорядных подшипника с цилиндрическими роликами. Корпус 4 буксы имеет внизу две серьги 3, к которым с помощью валика присоединяют хомут листовой рессоры. Два боковых прилива 2 предназначены для соединения с кронштейнами 1 рамы тележки через резинометаллические поводки 5.

Корпус поводка 5 отливают из стали, предусматривая два отверстия для установки резинometаллических блоков; в средней части корпуса имеются усиливающие ребра 6. Резинometаллический блок, устанавливаемый плотно в отверстие поводка, состоит из стальных валика 8 и втулки 9, между которыми находится резиновая втулка 10, привулканизированная к обоим деталям. В торцовых частях этих блоков ставят амортизационные шайбы 12, состоящие из трех металлических шайб: двух наружных и одной средней, к которым привулканизирована резина 11. Эти шайбы штифтами 7 прикреплены к поводкам 5.

Опыт эксплуатации показывает, что примерно через 300 тыс. км пробега электровозов привулканизированная резина отслаивается от металла и поводки выходят из строя. В настоящее время производится запрессовка резины на валик. Концы валиков 8 имеют трапеце-

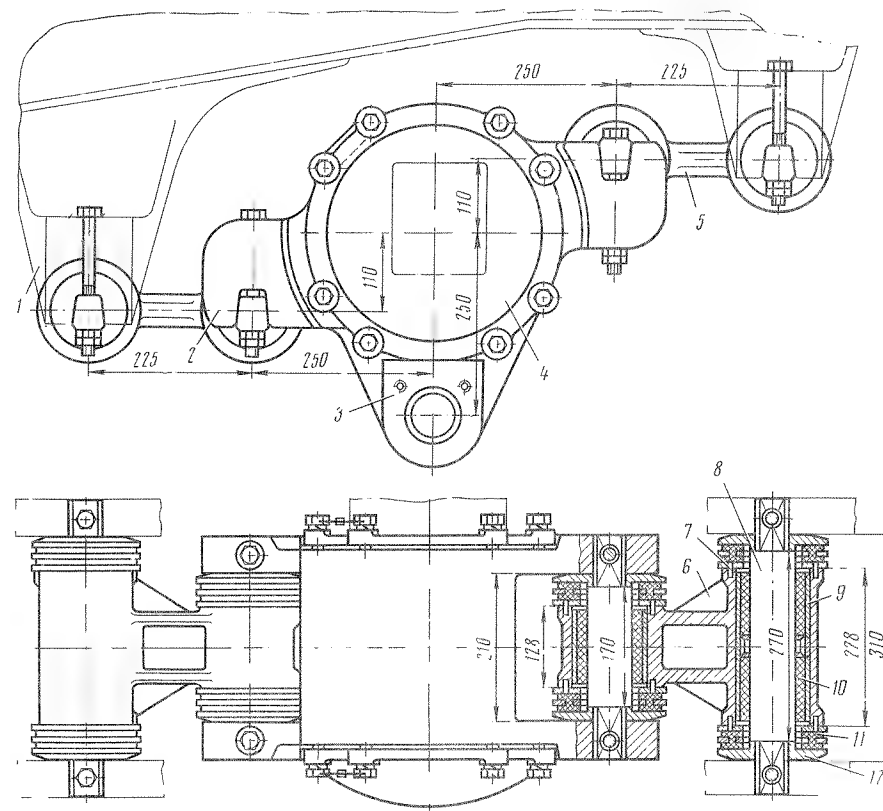


Рис. 16. Буксовый узел электровозов

Каждый подшипник состоит из одного внутреннего 8 и одного наружного 7 колец. Внутренние кольца насаживают на шейку оси колесной пары в горячем состоянии при температуре 100—120° С.

Между подшипниками расположены два дистанционных кольца 1 и 2 (в трехосной тележке на среднюю ось с разбегом подшипники устанавливают без дистанционных колец). Изменяя толщину этих колец, можно регулировать продольный разбег буксы на оси колесной пары в пределах 0,2—0,6 мм. Для большей гарантии от осевого заклинивания подшипников в последнее время осевой разбег букс увеличен до 0,5—1 мм. Радиальный зазор подшипников в свободном состоянии составляет 0,11—0,175 мм. Положение наружного кольца подшипника относительно корпуса буксы фиксируется крышкой 6, расположенной с задней стороны подшипника, а с передней стороны — крышкой 12. Перемещения внутреннего кольца ограничены упорным кольцом 5, насаженным на неподступичную часть оси колесной пары, а с торца оси — гайкой 11, развинчивание которой предотвращают с помощью замочной пластины 10 и двух болтов 9.

Крышка 6 и упорное кольцо 5 образуют лабиринт, который препятствует выбрасыванию смазки наружу; корпус буксы 13 закрыт передней крышкой 12, имеющей уплотнение 14 в виде пенькового шнура. Все пространство внутри буксы заполнено смазкой ЖРО. Общее количество смазки — около 4 кг.

Для обеспечения надежной работы механического оборудования электровозов переменного тока с бесчелюстными буксовыми узлами необходима сравнительно высокая точность обработки деталей и их

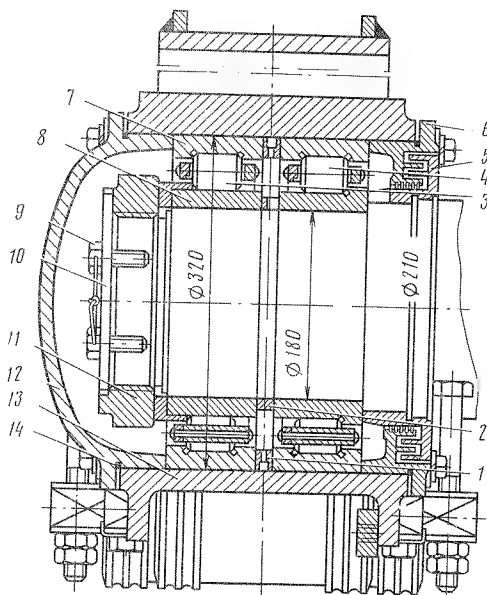


Рис. 17. Буксовый подшипник электровозов

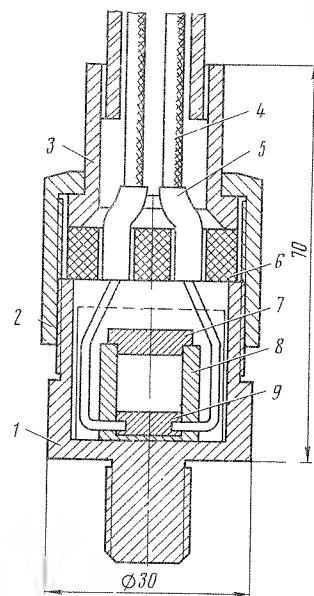


Рис. 18. Датчик нагрева буксовых подшипников

сборки. Так, непараллельность осей отверстий в поводках допускается не более 0,1 мм. Трапециевидные поверхности валика и буксы или кронштейна рамы тележки должны плотно прилегать одна к другой. Для контроля плотности посадки под узкой частью клина необходимо предусмотреть зазор не менее 0,5 мм.

На пассажирских электровозах ЧС4^т устанавливают датчики нагрева буксовых подшипников и редуктора. Устройство (рис. 18) состоит из двух частей — нижней 1 и верхней 3, которые соединяются накидной гайкой 2. Нижняя часть свободным концом с нарезкой входит в корпус буксы. В нижней части устройства во втулке 8, закрытой пробкой 7, находится плавкий предохранитель 9. К нему присоединены провода 4. Эти провода через уплотнительное кольцо 6 в трубах 5 из полихлорвинила выводятся в верхнюю часть устройства и далее на панель зажимов электровоза.

Нормально при работе электровоза сигнальная лампочка светится, так как контур тока замыкается через плавкий предохранитель. При нагреве подшипника сверхдопустимой температуры плавкий предохранитель расплавляется, разрывает цепь тока сигнальной лампы и она гаснет. После срабатывания датчика необходимо вновь поставить плавкий предохранитель и к нему присоединить провода.

В качестве плавкого предохранителя используется сплав Вуда, температура плавления его 68° С. Сплав состоит из 50% висмута, 25% свинца, 12,5% олова и 12,5% кадмия.

§ 10. Рессорное подвешивание

На рельсовом пути имеются неровности, стыки рельсов, крестовины и стрелки. Вследствие этого, а также из-за неправильной формы поверхности катания бандажа при движении электровоза возникают толчки и удары. Толчки и удары вызывают повышенный износ и даже разрушение деталей электровоза и верхнего строения пути. Поэтому вес кузова и тележек и их оборудования (вертикальные нагрузки) принято передавать на колесные пары и затем на верхнее строение пути через систему устройств, которые обладают необходимой упругостью и способностью поглощать (гасить) возникающие при движении электровоза вертикальные и боковые силы, предохраняя тем самым элементы конструкции локомотива и пути от преждевременного износа и разрушения. Такие устройства называют *рессорным подвешиванием*. Как правило, большая часть массы электровоза является подрессоренной и только масса колесной пары, буксовых узлов, примерно половина массы тягового двигателя (при опорно-осевом подвешивании) остаются неподдресоренными. Учитывая отрицательное влияние неподдресоренной массы электровоза, ее предельные допускаемые значения обычно нормируют.

Рессорное подвешивание поддерживает также равномерное распределение нагрузки между отдельными колесными парами.

Система рессорного подвешивания может быть одно- или двухступенчатой. В *одноступенчатом рессорном подвешивании* принято между рамой тележки электровоза и буксовым узлом колесной пары располагать рессоры из листовых или цилиндрических пружин или из тех и других вместе. Система *двухступенчатого рессорного*

подвешивания предусматривает размещение упругих устройств из листовых и цилиндрических рессор как между рамой тележки и буксой, так и между рамой кузова и рамой тележки.

Под действием вертикальных сил, возникающих при движении электровоза, рессора начинает прогибаться вначале очень быстро, а затем медленнее. В прогибающейся рессоре возникают напряжения, возрастающие по мере того, как увеличивается прогиб. Наибольшего значения напряжения в рессоре достигнет в момент, когда она перестанет прогибаться (в момент наибольшего прогиба).

Таким образом, благодаря системе рессор сила возникшего удара нарастает постепенно и создаются условия для постепенной передачи этих сил на рамы тележки и другие элементы надрессорного строения электровоза. Часть силы удара (до 6—8%) поглощается в рессорах, так как между отдельными листами рессор при прогибе возникают силы трения.

Система рессорного подвешивания должна обладать достаточной механической прочностью, чтобы выдерживать все нагрузки от надрессорного строения электровоза, и вместе с тем иметь необходимую гибкость, что обеспечивает поглощение и смягчение ударов. Необходимо также, чтобы рессоры принимали первоначальное состояние после того, как прекратится действие силы, вызвавшей их прогиб.

Если надрессорное строение опирается на отдельные рессоры, друг с другом не соединенные, то нагрузка, передаваемая на колесные пары, зависит от состояния рессор, их прогиба, затяжки подвесок и т. п. Изменение одной из этих величин приводит к нарушению равномерного распределения веса электровоза по осям. Это в свою очередь повышает вероятность бокового скольжения электровоза, так как отдельные оси могут оказаться сильно разгруженными. Рессоры довольно часто соединяют друг с другом вдоль продольной оси электровоза балансирами.

Обычно листовым рессорам при изготовлении придают форму дуги. Высота изгиба рессоры, называемая *фабричной стрелой*, уменьшается под нагрузкой. Величину, на которую уменьшается фабричная стрела рессоры от сил, действующих на нее, называют *прогибом рессоры*. Гибкость двухступенчатой системы рессорного подвешивания с последовательным действием каждой ступени равна сумме гибкостей каждой ступени.

Листовые рессоры, обладающие большим трением, недостаточно сглаживают удары, возникающие при прохождении небольших неровностей пути, вследствие чего на надрессорное строение передаются колебания в виде частых вибраций. Чтобы избежать этого, в рессорном подвешивании применяют цилиндрические пружины, в которых нет трения между элементами.

Различно расположенные на раме тележки и соединенные друг с другом листовые рессоры, цилиндрические пружины и балансиры образуют определенную схему рессорного подвешивания. На всех восьмиосных электровозах применена несбалансированная система рессорного подвешивания. Каждая ось электровоза имеет самостоятельное рессорное подвешивание — комбинированное, т. е. состоящее из цилиндрических и листовых рессор, причем последние располагаются под буксой.

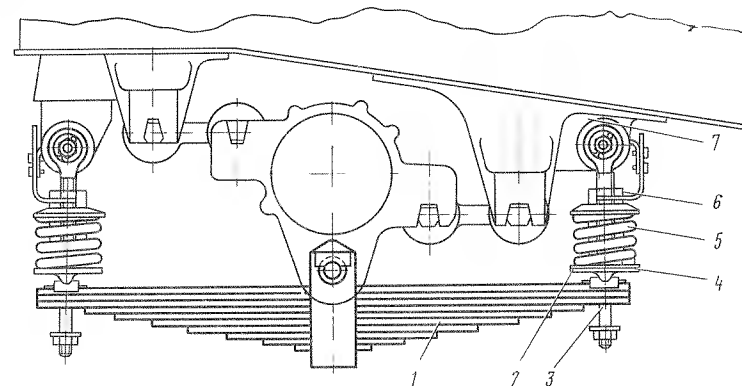


Рис. 19. Рессорное подвешивание восьмиосных электровозов

Листовая рессора 1 (рис. 19) стянута хомутом, имеющим проушины, необходимые для присоединения рессоры к буксе валиком. На цилиндрическую пружину 5 опирается через фасонную шайбу гайка 6, соединенная со стойкой 3. Верхний конец этой стойки шарнирно подвешен на кронштейне 7 рамы тележки. В свою очередь цилиндрическая пружина другим концом через опору 2 и подкладку 4 опирается на листовую рессору. Таким образом, вертикальные нагрузки от веса электровоза передаются на буксу последовательно: через гайку 6 и шайбу, пружину 5, опору 2 и листовую рессору 1. Следовательно, неподдресоренной остается только масса колесной пары с буксами и та часть массы тягового двигателя (около половины), которая передается через моторно-осевые подшипники на ось колесной пары.

Листовая рессора состоит из десяти листов разной длины сечением 120×16 мм, изготовленных из специальной рессорной высокопрочной стали. Листы имеют продольные желоба посередине, что противодействует боковым сдвигам их друг относительно друга. Жесткость одной листовой рессоры равна 1244 Н/мм. Жесткостью рессоры называют нагрузку в ньютонах, под действием которой рессора дает прогиб в 1 мм.

Цилиндрическая рессора изготовлена из прутков специальной пружинно-рессорной стали. В рессорном подвешивании пружина работает на сжатие, поэтому между ее витками предусмотрены просветы. Диаметр пружины: внутренний — 120 мм, наружный — 204 мм. Диаметр прутка 42 мм. Число витков пружины: рабочих — 2,5, полных — 4. Высота пружины: в свободном состоянии — 187 мм, в рабочем — 170 мм. Жесткость одной пружины 2,74 кН/мм.

Листовые и цилиндрические рессоры подвергают термической обработке для придания им необходимой упругости, а затем испытывают. Нагрузка на рессору и прогиб связаны прямо пропорциональной зависимостью, т. е. с увеличением нагрузки растет прогиб.

На электровозах ВЛ60^к рессорное подвешивание является сбалансированным для каждой трехосной тележки (рис. 20). Листовые рессоры 6 стянуты хомутами 5, имеющими проушины, необходимые для соединения валиками рессор с буксами. Эти рессоры опорами 3

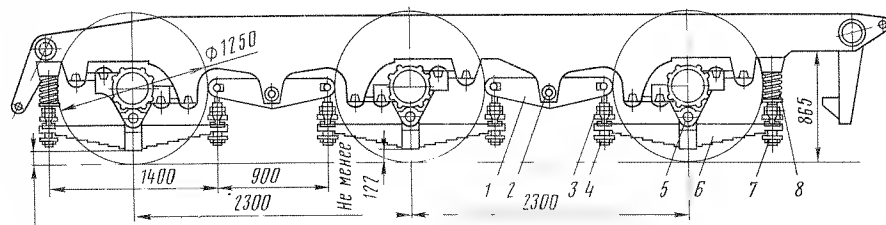


Рис. 20. Рессорное подвешивание электровоза ВЛ60^к

и стойками 4 соединены с балансирами 1, которые в свою очередь крепят к раме тележки валиками 2. Рессоры соединены с рамой тележки концевыми стойками 7 цилиндрическими пружинами 8. Листовая рессора имеет те же данные, что и на восьмиосных электровозах.

Цилиндрические пружины изготавливают из прутка диаметром 40 мм. Пружины электровоза ВЛ60^к имеют 5 витков, из них 3,5 — рабочих. Средний диаметр витка 160 мм. Высота пружины в свободном состоянии составляет 236 мм, жесткость 1,6 кН/мм.

Балансир выполнен из двух стальных листов. Они соединены друг с другом на определенном расстоянии бобышками, расположенными по концам, и центральной втулкой путем сварки. В местах, где возникает трение балансира о валики, установлены втулки. Втулки устанавливают и в месте подвески листовой рессоры к буксе. Изготавливают втулки из износостойчивой марганцовистой стали способом точного литья без последующей механической обработки, а валики — из стали 45 или стали 50. Трение валика о марганцовистую втулку обеспечивает длительную работу этой пары без смазки.

Стойка (рис. 21, а), которая соединяет балансир 1 с листовой рессорой 8, верхним концом подвешена к балансиру с помощью валика 2 и втулки 3. Передача усилия на листовую рессору осуществляется через стержень 4 и призматическое устройство, состоящее из опоры 6 и прокладки 7. В средней части стойки расположены гайки 5, непосредственно воздействующие на опору 6. На нижней части стержня 4, проходящего через отверстие в листовой рессоре, имеется резьба, на которую наворачивают гайку 9. Она предотвращает выход стержня из отверстия при разгрузке одного конца рессоры и удерживает концы рессоры в случае их поломки. Гайка 9 фиксирована шплинтом 10.

Концевые стойки (рис. 21, б) служат для передачи усилия от рамы тележки 11 на листовую рессору 8. При этом цилиндрическая пружина 12 воздействует на стакан 13. Затем это воздействие передается на стержень 4 и через гайку 5 на призматическое устройство, аналогичное показанному на рис. 21, а. На рис. 22 отчетливо видно, как устроены подвески и как они соединены с листовой рессорой призматическими устройствами.

Рессорное подвешивание электровоза ЧС4^г (рис. 23) — индивидуальное для каждой оси и аналогично применяемому на электровозе ВЛ80^к. Оно состоит из балансира 1, шарнирно подвешенного к буксовой коробке 3, и цилиндрических пружин 5. Пружина

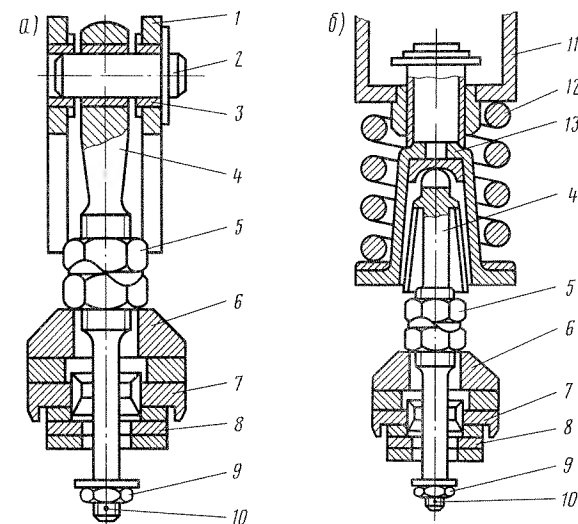


Рис. 21. Средняя (а) и концевая (б) стойки рессорного подвешивания электровоза ВЛ60^к

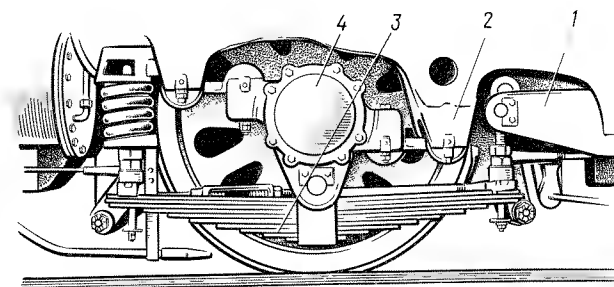


Рис. 22. Буксовое подвешивание электровоза ВЛ60^к:
1 — балансир; 2 — стойка; 3 — листовая рессора; 4 — крышка буксы

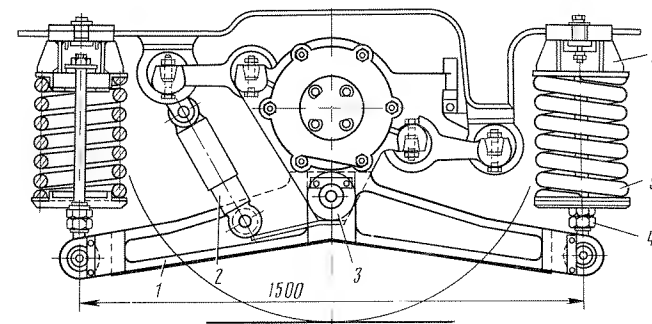


Рис. 23. Рессорное подвешивание электровоза ЧС4^г

одним концом опирается на балансир, а другим — на кронштейн 6 рамы тележки. Кроме того, имеется гидравлический амортизатор 2 для поглощения энергии ударов, вызывающих колебания цилиндрических пружин, которые могут продолжаться длительное время из-за недостаточных сил трения у таких пружин.

При системах индивидуального, несбалансированного рессорного подвешивания необходима тщательная регулировка развески электровозов по осям. Такая, в частности, регулировка может осуществляться на восьмиосных электровозах гайкой 6 (см. рис. 19), а на ЧС4^т — гайкой и контргайкой 4 (см. рис. 23).

§ 11. Тяговые передачи

Систему механической связи, при которой вращающий момент от тягового двигателя передается на колесную пару электровоза, называют тяговой передачей.

Одним из основных элементов тягового привода является зубчатая передача, которую выполняют так, что частота вращения вала двигателя значительно больше, чем колесной пары. При этом можно получить двигатель с меньшими размерами. Поскольку расстояние между осью колесной пары и валом тягового двигателя (называемое *центральной*) невелико, тяговые передачи, как правило, выполняют с непосредственным зацеплением зубьев шестерни и зубчатого колеса.

На электровозах переменного тока применяют *индивидуальный тяговый привод*, при котором на каждую ведущую колесную пару передается вращающий момент от соответствующего ей тягового двигателя. Системы тяговых передач выполняют или двусторонними (шестерни, передающие вращающий момент от якоря двигателя, расположены на валу с двух сторон от двигателя), или односторонними (только с одной стороны двигателя).

Большие и малые зубчатые колеса могут быть прямозубыми или косозубыми. Большие колеса прямозубых двусторонних передач выполняют с упругими элементами. Это обеспечивает одновременную работу двух больших зубчатых колес, расположенных на одной оси. Кроме того, удары от колеса при движении электровоза по неровностям пути воспринимаются упругими элементами и плавно передаются на якорь двигателя.

Большие колеса косозубой передачи не имеют упругого элемента. В этом случае равномерное распределение вращающего момента достигается тем, что якорь двигателя благодаря осевому смещению занимает такое положение, при котором обе стороны передачи работают одинаково. При отсутствии упругих элементов все вертикальные удары от колесной пары, движущейся по неровностям пути, стрелкам и т. п., жестко передаются на тяговый двигатель.

Тяговые передачи всегда являются понижающими. Отношение числа зубьев большого колеса к числу зубьев шестерни называют *передаточным числом*. Оно показывает, во сколько раз частота вращения якоря двигателя больше частоты вращения колесной пары.

Тяговые передачи необходимо разместить в стесненных условиях, поэтому они имеют сравнительно небольшие размеры (габариты).

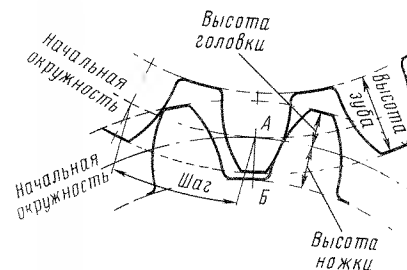


Рис. 24. Зубчатое зацепление

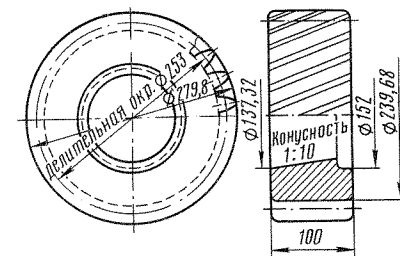


Рис. 25. Шестерня электровозов

Большие мощности, которые достигнуты сейчас в электровозостроении (свыше 800 кВт на ось), определяют высокие нагрузки, приходящиеся на зубья тяговых передач. Зубья передач (рис. 24) при работе испытывают давление в месте контакта А; кроме того, нагрузки вызывают изгиб зуба в его основании Б.

При передаче нагрузки от одного зубчатого колеса на другое большее значение имеет, какое число зубьев принимает участие в передаче. В зависимости от передаточного числа одновременно в работе может участвовать до трех зубьев. Чем больше число зубьев, участвующих одновременно в передаче вращающего момента от двигателя на ось колесной пары, тем лучше условия работы тяговой передачи в отношении износоустойчивости контактной поверхности зубьев.

Зубчатые колеса тяговых передач выполняют с *эвольвентным зацеплением*, при котором очертание зуба соответствует кривой, называемой эвольвентой. Такое зацепление является наиболее надежным, так как обеспечивает перекашивание зубьев без их скольжения друг относительно друга. При этом передача вращающего момента тягового двигателя сопровождается наименьшими потерями и минимальным износом зубчатых колес.

На всех электровозах переменного тока применена двусторонняя косозубая тяговая передача. Число зубьев большого зубчатого колеса у всех электровозов составляет 88, а число зубьев шестерен разное. У электровозов ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^р шестерня имеет 21 зуб и передаточное число 4,19, у электровоза ВЛ60^к — соответственно 23 и 3,826. Передаточное число зубчатой передачи электровоза ВЛ60^п пассажирского исполнения равно $82:30=2,73$.

Шестерню (рис. 25) электровозов изготавливают из хромоникелевых сталей. С внешней стороны шестерни сделана выточка глубиной 15 мм, в которую входит гайка, предотвращающая сползание шестерни с конуса вала. По наружной поверхности шестерни нарезаны косые зубья с углом наклона $24^\circ 37'$. Поверхности зубьев подвергают тщательной механической и термической обработке. Затем производят шлифовку зубьев, устраняя все неточности, образовавшиеся во время термической обработки. Шлифуют также и конусное отверстие шестерни.

Шестерню, нагретую до 160°C , насаживают с натягом на конец обточенного на конус (1:10) вала тягового двигателя. Холодная шестерня не доходит до своего окончательного положения на валу на

2,0—2,5 мм. После нагревания диаметр отверстия ее увеличивается и она занимает нормальное положение. При охлаждении шестерня плотно обхватывает вал двигателя и передача вращающего момента осуществляется благодаря трению, возникающему между поверхностью вала и внутренней поверхностью шестерни.

Конической внутреннюю поверхность шестерни выполняют для облегчения посадки ее при сборке и снятия при разборке. При сборке незначительная подача шестерни обеспечивает прилегание ее по всей площади, чего нельзя получить, если внутренняя поверхность шестерни цилиндрическая. При разборке, немного сдвинув шестерню в осевом направлении, легко снять ее с вала, не повредив поверхности конусов вала и шестерни.

Большие зубчатые колеса электровозов (рис. 26) изготовляют из стали 55, раскисленной феррованадием. Их запрессовывают на удлиненную ступицу центра колесной пары. Для уменьшения массы колеса по окружности диска сделано 16 отверстий. На ступице 2 зубчатого колеса имеется кольцо 1 шириной 4 мм и высотой 10 мм, которое вместе с кожухом зубчатой передачи образует лабиринт, что предотвращает вытекание смазки из кожуха. Угол наклона зубьев составляет $24^{\circ}37'12''$. Разница в углах наклона колеса и шестерни необходима для компенсации изгиба оси колесной пары. Зубья большого зубчатого колеса нарезают на специальных станках и затем производят шевингование для придания им необходимой чистоты поверхности.

Зубчатые колеса подвергают объемной термообработке.

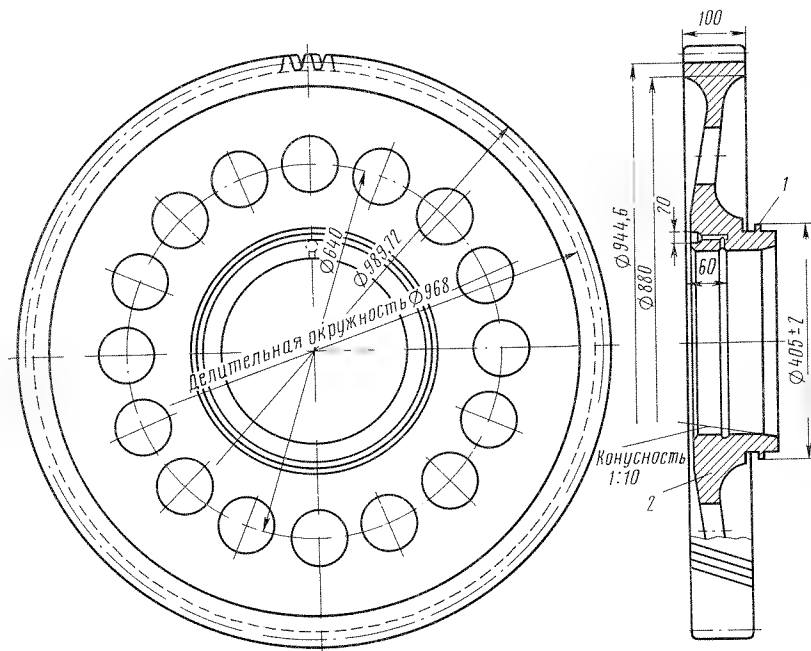


Рис. 26. Зубчатое колесо электровозов

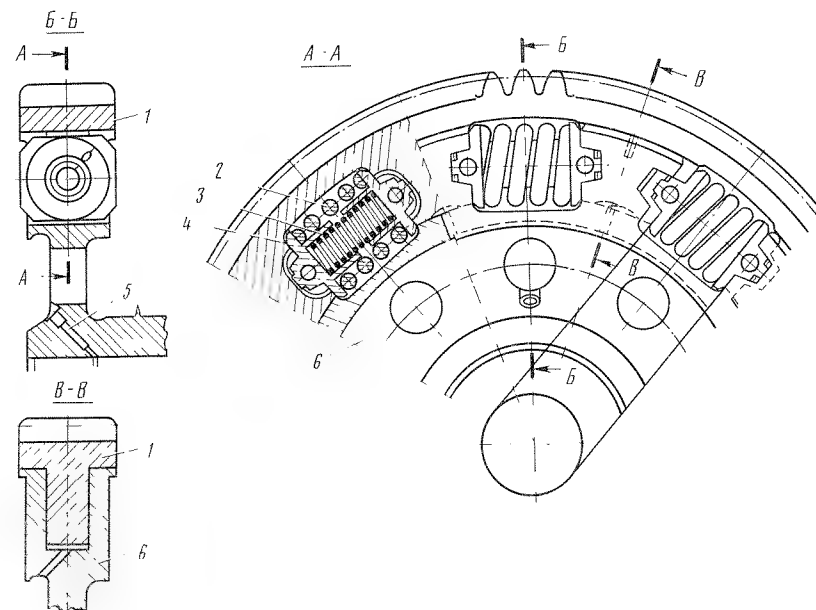


Рис. 27. Устройство пружинных элементов зубчатого колеса электровоза Ф

Как пример тяговых передач с пружинными элементами, рассмотрим зубчатую передачу, которая применялась на электровозах серии Ф. Здесь были использованы одноосные прямозубые зубчатые передачи с пружинными элементами в большом зубчатом колесе. В данном случае упругие элементы уменьшают динамические усилия, передающиеся на вал тягового двигателя при прохождении колесами неровностей пути, т. е. только улучшают условия работы тяговых двигателей. Между центром зубчатого колеса 6 (рис. 27) и венцом 1 помещено девять пружинных элементов, каждый из которых состоит из наружных цилиндрических пружин 2, внутренних пружин 3 и двух направляющих (сухарей) 4.

Во время сборки зубчатого колеса венец 1 нужно располагать около центра 6 так, чтобы хвостовики венца оказались против окон центра. Затем венец надевают на центр и поворачивают до тех пор, пока не совпадут окна центра и венца. В окна вставляют предварительно сжатые пружинные элементы. После освобождения пружины с некоторым усилием прижимают направляющие 4 с одной стороны к хвостовикам венца 1, а с другой — к стенкам окон центра 6.

На направляющих 4 имеются наружные и центральные выступы, предупреждающие сдвиг и выпадание пружинных элементов. Усилие от шестерни, действующее на венец 1 через хвостовики, передается на пружинные элементы, а от последних — к центру 6, при этом пружины 2 и 3 несколько сжимаются. При изломе основных рабочих пружин 2 пружины 3 прижимают к венцу и центру сухари 4. Отверстие 5 в ступице центра предназначено для маслосъема.

Зубчатые передачи электровозов помещены в кожух. Кожух позволяет создать масляную ванну, в которой должна работать передача, и, кроме того, предотвращает попадание в нее пыли, грязи

и др. Кожух зубчатой передачи изготовляют из стали или стеклопластика. Кожух из стеклопластика почти в 2,5—3 раза легче металлического. Однако при нарушении клиренса (просвет от головки рельса до низа конструкции неподдрессированной части электровоза) кожух из стеклопластика протирается, вытекает смазка и зубчатая передача выходит из строя.

Кожух зубчатой передачи из стали (рис. 28, а) состоит из верхней 2 и нижней 5 половин. Для лучшего уплотнения кожуха по линии разъема делают особые желоба, в которые закладывают уплотнительные войлочные или резиновые прокладки. В верхней половине кожуха имеется заправочная горловина 1, надежно закрываемая крышкой, и люк 4 для осмотра зубчатой передачи. К люку приварена трубка-сапун 3, обеспечивающая выравнивание давления внутри кожуха с атмосферным. На нижней половине кожуха находится трубка 6, закрываемая гайкой 7 со щупом для определения уровня смазки в кожухе. Половины кожуха стянуты болтами 8. К остоу тягового двигателя кожух присоединяют тремя болтами.

Кожух из стеклопластика изготовляют прессованием образующей 9 и боковины 10 (рис. 28, б).

Работа передачи без смазки или с недостаточным количеством ее вызывает быстрый износ зубьев и поэтому не допускается. Для зубчатых передач применяют осерненную смазку или трансмиссионные автотракторные масла летом марки Л и зимой марки З. Избыток

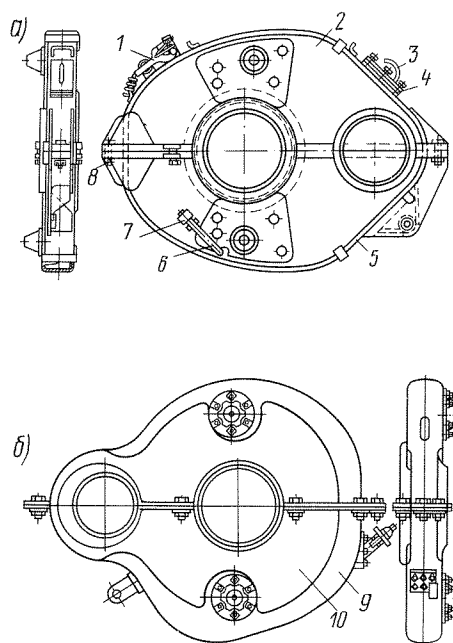


Рис. 28. Кожух зубчатой передачи электровозов из стали (а) и из стеклопластика (б)

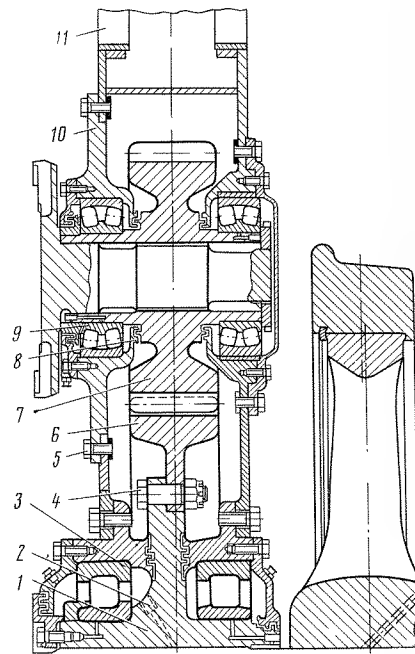


Рис. 29. Тяговая передача электровоза ЧС4^т

смазки в кожухе нежелателен, так как масло может попасть внутрь двигателя, а также на бандажи колесных пар, что ухудшает условия сцепления колеса с рельсами.

Тяговая передача пассажирского электровоза ЧС4^т (рис. 29) значительно отличается от таких передач на других электровозах переменного тока; она является односторонней прямозубой. Поскольку двигатель имеет опорно-рамное подвешивание, все возможные перемещения колесной пары относительно тягового двигателя обеспечивает конструкция передачи вращающего момента от двигателя к шестерне (см. главу 3).

Центр 1 зубчатого колеса с развитой ступицей и каналом 2 для маслосъема запрессован на ось колесной пары. Венец 6 большого зубчатого колеса соединен с центром болтами 4. На ступице центра 1 установлены роликовые подшипники 3, на которые опирается одним концом со стороны большого зубчатого колеса редуктор 10. Со стороны шестерни 7 редуктор подвешивается к кронштейну 11 поперечной балки рамы тележки на подвеске, закрепленной с двух сторон на шарнирах.

Кожух редуктора состоит из двух частей; верхней и нижней. Обе части цельносварные и соединены болтами 5. Шестерня 7 установлена в редукторе на роликовых подшипниках 9.

Большое зубчатое колесо находится в масляной ванне редуктора и, при вращении разбрызгивая масло, подает его в зону работы зубьев и шестерни. В нижней части редуктора находятся магнитные пробки, которые притягивают стальные частицы, образующиеся в результате износа зубчатой передачи. Для смазки подшипников качения 3 и 9 применяют консистентные смазки. Камеры этих подшипников отделены от редуктора лабиринтными уплотнениями 8.

§ 12. Подвешивание тяговых двигателей

Тяговые двигатели с индивидуальным приводом устанавливают в тележке на двух опорах. Одной опорой является ось колесной пары, другой — поперечная балка тележки. Такая система подвешивания тяговых двигателей называется *опорно-осевой*, или *трамвайной*, и применяется на грузовых электровозах. Опорно-осевое подвешивание двигателя всегда обеспечивает параллельность осей вала двигателя и колесной пары, что благоприятно влияет на работу зубчатой передачи электровоза. На электровозах пассажирских и грузовых, рассчитанных на высокие скорости движения, применяют *рамное подвешивание* тяговых двигателей. При этом обе опоры расположены на раме тележки и, следовательно, двигатель полностью подрессорен в отличие от опорно-осевого подвешивания, где примерно половина веса двигателя является неподдрессированной.

При опорно-рамном подвешивании вследствие наличия упругой связи между валом якоря тягового двигателя и колесной парой в процессе движения электровоза по неровностям пути уменьшаются возможные ударные нагрузки и улучшаются условия работы тягового двигателя и его щеточно-коллекторного узла; уменьшение неподдрессированного веса электровоза снижает динамические нагрузки на верхнее строение пути.

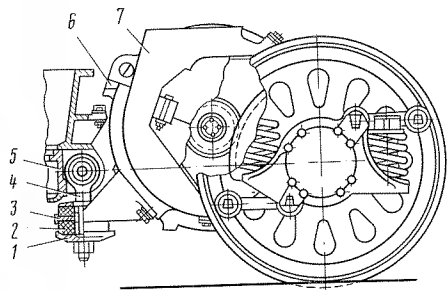


Рис. 30. Подвешивание тягового двигателя восьмиосных электровозов

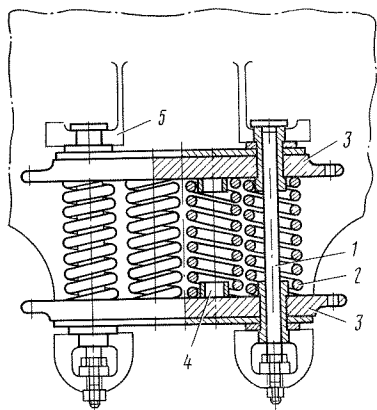


Рис. 31. Траверса электровоза ВЛ60^к

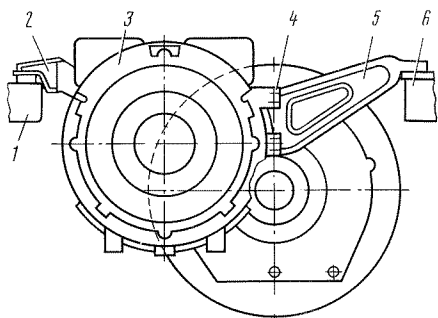


Рис. 32. Опорно-рамное подвешивание тягового двигателя электровоза ЧС4^т

На восьмиосных электровозах применено опорно-осевое подвешивание.

Тяговый двигатель при таком подвешивании опирается с одной стороны на ось колесной пары через моторно-осевые подшипники, а с другой — на упругое устройство, в котором в качестве амортизаторов вертикальных сил применяют резиновые шайбы. Упругое устройство (рис. 30) состоит из подвески 4, шарнирно соединенной со шкворневой балкой 5 рамы тележки, нижнего и верхнего дисков 1, двух резиновых шайб 2. Между шайбами 2 находится кронштейн 3 тягового двигателя 7. Все эти элементы насаживают на подвеску в свободном состоянии. Конец подвески имеет резьбу, на которую навинчивают гайку для создания предварительного натяга резиновых упругих шайб. Расстояние между внутренними поверхностями дисков 1 в свободном состоянии равно 180 мм, а после предварительного натяга составляет 155 мм.

Такая подвеска обеспечивает возможность перемещения двигателя в осевом направлении. Усилия от кронштейна 3 передаются через шайбы 2 на верхний или нижний диск 1 и через него на подвеску 4. На остова двигателя имеется прилив 6. В случае обрыва подвески 4 или основного кронштейна 3 двигатель не упадет вниз, а будет удерживаться приливом 6 на раме тележки.

На электровозах ВЛ60^к применено опорно-осевое подвешивание, при котором двигатель с одной стороны опирается моторно-осевыми подшипниками на ось колесной пары, а с другой — через специальную пружинную траверсу на поперечную балку рамы тележки.

Траверса (рис. 31) состоит из двух балок 3, между которыми установлены четыре пружины 2. Внутри крайних пружин находятся стержни 1. Балочки в рабочей части имеют сменные накладки, при износе их заменяют новыми. Для фиксации пружин на балках 3 имеются направляющие втулки 4. Стержни 1 проходят как через отверстия в балках, так и через отверстия в кронштейнах 5 поперечной балки рамы тележки и не позволяют траверсе смещаться. На наружные поверхности балок 3 опираются кронштейны тягового двигателя.

Для того чтобы траверсу установить на место, необходимо сжать пружины 2, что осуществляют с помощью двух болтов. После того как траверса установлена на место между кронштейнами поперечных балок рам тележек и кронштейнами тяговых двигателей, болты снимают. При снятии траверсы также необходимо предварительно стянуть две балки болтами, после чего ее можно свободно удалить.

Устройство и сборка моторно-осевых подшипников принципиально одинаковы для электровозов всех типов с опорно-осевым подвешиванием.

Подвешивание тяговых двигателей пассажирского электровоза ЧС4^т опорно-рамное (рис. 32). Тяговый двигатель 3 через кронштейны 2 и 5, соединенные с остова двигателя болтами 4, опирается на поперечные балки 1 и 6 рамы тележки.

§ 13. Ударно-сцепные приборы

Автосцепное устройство обеспечивает автоматическое сцепление электровоза с вагонами или другими локомотивами, а также воспринимает продольные силы, возникающие в момент соединения с вагонами и при ведении поезда. Оно может работать как буферное устройство, т. е. передавать только сжимающие усилия, действующие вдоль оси подвижного состава. Для этого рукоятку расцепного привода устанавливают в горизонтальное положение.

Продольные силы (тяги и торможения) передаются через раму кузова. Поэтому автосцепное устройство устанавливают в буферном брусе рамы кузова. В соответствии с требованиями ПТЭ высота продольной оси этого устройства от уровня головки рельса должна составлять 1040—1080 мм, но может отклоняться до 980 мм в зависимости от износа (проката) бандажей и состояния рессорного подвешивания. Разность высот продольных осей автосцепок электровоза и первого груженого вагона не должна превышать 100 мм, электровоза и первого вагона пассажирского поезда — 110 мм.

На всех электровозах как отечественного, так и зарубежного производства устанавливают автосцепное устройство типа СА-3. Оно состоит из корпуса с механизмом сцепления, расцепного привода и поглощающего аппарата (рис. 33). При сцеплении электровоза с вагонами или другими локомотивами происходит сжатие пружин поглощающего аппарата; при этом хвостовик 9 автосцепки 12 упирается в плиту 8.

Продольная сила от плиты передается на нажимной конус 7, а от него — на фрикционные клинья 6, образующие шестигранник. Последние, действуя на нажимную шайбу 5, сжимают пружины 3 и 4

поглощающего аппарата, расположенные в его корпусе 2. Один конец корпуса опирается на буферный брус 1. Кузова электровоза, другой — связан с фрикционными клиньями и нажимным конусом 7. Все элементы поглощающего аппарата в собранном состоянии удерживаются болтом 19. Этим же болтом устанавливают предварительный натяг пружин поглощающего аппарата. При ударе вследствие трения фрикционных клиньев 6 о внутренние стенки корпуса 2 происходит поглощение значительной части энергии удара: до 85%.

В режиме тяги хвостовик 9 через клин 10 и хомут 18 передает силу тяги на корпус 2, пружины 3 и 4, затем на фрикционные клинья 6, нажимной конус 7 и через плиту 8 на передние упоры буферного бруса. Таким образом, в режиме тяги также происходит упругая передача нагрузок благодаря трению фрикционных клиньев о стенки корпуса. Автосцепку 12 с механизмом сцепления вставляют в розетку 11 и соединяют тяговым клином 10 с хомутом 18. Розетку крепят к буферному брусу болтами 17.

Автосцепное устройство рассчитано на силу тяги 1 кН (100 тс). Для расцепления необходимо, приподняв рукоятку 16, вынуть ее из углубления в кронштейне и повернуть в горизонтальное положение для натяжения цепи 15.

Механизм сцепления (рис. 34, а) состоит из замка 5, замкодержателя 1, его противовеса 3, предохранителя замка 2 и полочки 4. При сцеплении малый зуб 14 (см. рис. 33) одной автосцепки скользит по наклонной поверхности большого зуба 13 другой. В процессе соударения автосцепок их замки нажимают друг на друга, и каждый из них перемещается внутрь головы автосцепки. При этом верхнее плечо предохранителя замка 2 скользит по полочке 4 и проходит под противовесом 3 замкодержателя, который находится ниже полочки и не препятствует перемещению замка. После того как малый зуб одной автосцепки входит в зев (пространство между большим и малым зубьями) другой, замки под действием собственного веса выпадают и запирают автосцепки. Для предупреждения саморасцепления верхнее плечо предохранителя замка 2 располагают против противовеса 3 замкодержателя 1.

Расцепление автосцепок происходит тогда, когда замок одной головки может переместиться внутрь ее (рис. 34, б). Для этого предусмотрен расцепной привод, который поворачивает подъемник.

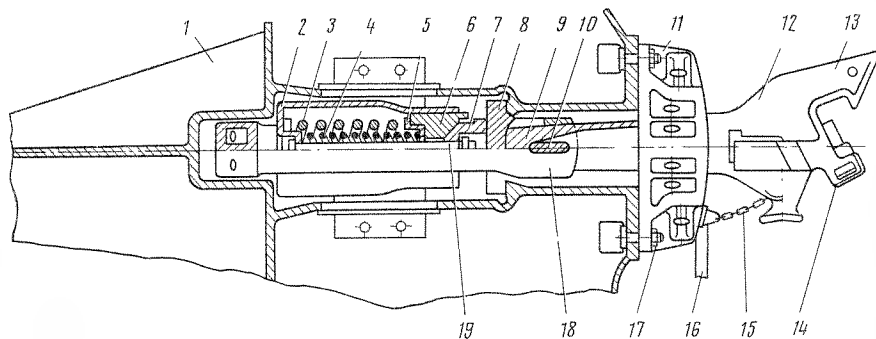


Рис. 33. Автосцепное устройство

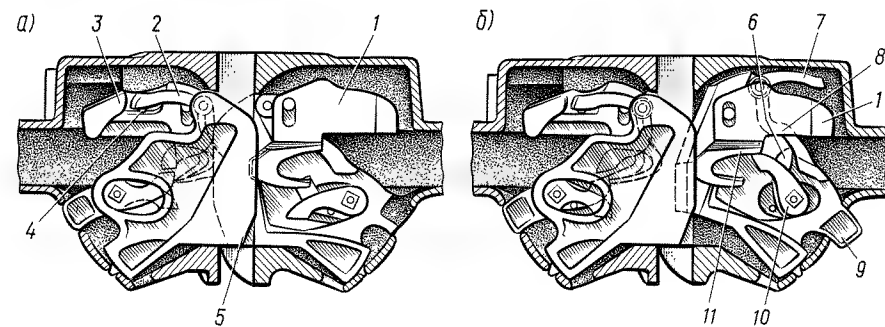


Рис. 34. Положение сцепных механизмов сцепленных (а) и в процессе расцепления (б) автосцепок

Последний верхним пальцем 6 нажимает на плечо 8 предохранителя замка, в результате чего другое верхнее плечо 7 поднимается и располагается выше противовеса замкодержателя 1.

При дальнейшем движении палец 6 подъемника нажимает на выступ замка и отводит его внутрь корпуса (в положение расцепа), а палец 10 подходит к расцепному углу 11 замкодержателя 1 и нажимает на него снизу. Замкодержатель под действием собственного веса опускается вниз, при этом сигнальный отросток 9 замка выходит из отверстия наружу, что свидетельствует о расцеплении автосцепок.

§ 14. Кузов и его опоры

В кузове электровозов переменного тока и на крыше размещено различное оборудование, кроме тормозного и тяговых двигателей. Через раму кузова передаются тяговые и тормозные усилия поезду.

Кузова электровозов цельнометаллические, собирают их из отдельных элементов с помощью электросварки. Материал основных деталей — сталь Ст 3 или М16С. Листы обшивки стенок изготавливают из тонколистовой стали.

Кузов восьмиосных электровозов, в частности ВЛ80^т, состоит из двух секций, которые соединяются автосцепным устройством. На внутренних торцовых стенках имеются двери и переходный мостик. С наружных концов кузова расположены кабины машиниста.

Рама кузова электровоза (рис. 35) охватывающего типа. Она состоит из двух продольных балок 2, связанных двумя буферными брусками 1 по концам. Кроме того, продольные балки соединены двумя шкворневыми 3 коробчатого сечения, изготовленными из листовой стали, и двумя балками двутаврового сечения 4. На последних установлен тяговый трансформатор. Кронштейны 5 служат для установки люлечного подвешивания, через которое кузов опирается на тележки электровоза. На кронштейнах 6 установлены цилиндры противоразгрузочных устройств.

На поперечном разрезе рамы кузова по шкворневой балке (рис. 36) хорошо видно, что продольные балки состоят из двух швеллеров 1 (№ 16) и 3 (№ 30) и вертикального листа 2, соединенных

электросваркой. На рисунке также показаны горизонтальный 5 и вертикальный 6 упоры люлочного подвешивания и кронштейны 4 под гидравлические амортизаторы. Шкворень 7 передает тяговые и тормозные усилия от рамы тележек на раму кузова. На тех электровозах, у которых вес кузова передается на тележки через боковые пружинные опоры, на концах шкворневой балки устанавливают четыре стакана. В этом случае упоры горизонтальный и вертикальный отсутствуют.

Боковые и поперечные стены и потолки кузовов представляют собой металлические каркасы, обшитые листовой сталью. Для получения большей жесткости обшивку делают гофрированной. В лобовых и боковых стенках предусматривают окна, жалюзи, двери. Стены и потолок кабины машиниста утеплены специальными пакетами из теплоизоляционного материала, расположенными между наружной и внутренней обшивками. Пол кабины покрыт досками и линолеумом. На крыше имеются люки для удобства монтажа внутрикузовного оборудования. На электровозах предусмотрены металлические трапы и поручни.

Песок засыпают через горловины, расположенные на крыше. Они снабжены сетками и крышками. Из песочниц песок подается под колеса через форсунки и трубы. На лобовых концах кузовов устанавливают путеочистители.

Все части кузова окрашивают, чтобы предохранить металл от коррозии. Окраску наружных стен производят особо тщательно, предварительно подготавливая поверхности стен под окраску.

Рама кузова электровоза ВЛ60^к также охватывающего типа. Она состоит из двух продольных боковин той же конструкции, что и боковины восьмиосных электровозов. Боковины соединяют двумя буферными брусками, четырьмя шкворневыми балками коробчатого сечения, на которые установлены центральные опоры, и двумя балками двутаврового сечения, на которых расположен тяговый трансформатор. К продольным балкам приваривают кронштейны для боковых опор кузова. Остальные элементы конструкции кузова те же, что и для восьмиосных электровозов.

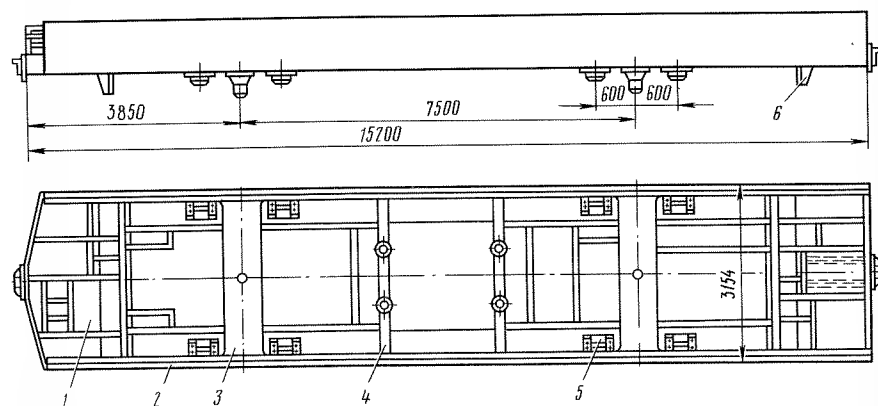


Рис. 35. Рама кузова восьмиосных электровозов

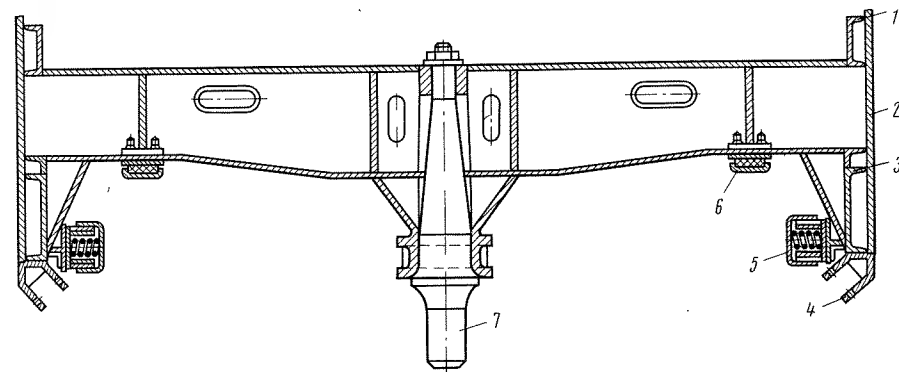


Рис. 36. Поперечный разрез рамы кузова восьмиосных электровозов

На восьмиосных электровозах тяговые и тормозные (горизонтальные) усилия от рамы тележки на раму кузова передаются через шкворневые узлы. Вертикальные усилия эти узлы не передают. Узлы (рис. 37) состоят из центрального шкворня, шаровой связи и противоотносного устройства. Один конец шкворня 14 запрессовывается в кузов с усилием около 600 Н. Второй конец шкворня свободно входит во втулку 12, запрессованную в отверстие шара 11, который может поворачиваться во вкладыше 10, установленном в корпусе 8 и зафиксированном стопорным кольцом 9. Корпус 8 воздействует на упор 7 и через него на опорные шайбы 6. Между шайбами 6 и 2 находятся пружины 3 и 4, расположенные в стакане 5. Стакан закрыт крышкой 1. Предварительный натяг пружин создается усилием 23 кН и регулируется прокладками, установленными между пружинами и шайбами 2.

Конец шкворня в гнезде шкворневой балки рамы тележки имеет вместе с вкладышем поперечный разбег в направляющих балки по 30 мм в каждую сторону. Поперечный разбег обеспечивает возможность перемещения кузова в поперечном направлении, вследствие чего уменьшается боковое давление на рельсы, обусловленное массой кузова, особенно при вписывании электровоза в кривые. Вследствие первоначального натяга пружины стремятся установить шкворень в среднее положение. Максимальное возвращающее усилие пружин достигает 55 кН.

Все внутреннее пространство гнезда шкворня заполняют трансмиссионным автотракторным маслом. Крышки снабжены уплотнительными прокладками, предотвращающими вытекание масла. Для спуска масла в центре крышки поставлена пробка 13.

Вес кузова (вертикальная нагрузка) на восьмиосных электровозах передается на рамы тележек системой опор. Одна из них, применяемая в последнее время,—система люлочного подвешивания, другая — боковых опор трения. Люлочное подвешивание, помимо передачи вертикальных сил от кузова на тележки, также воспринимает и передает горизонтальные поперечные усилия, возникающие под действием ветра, центробежных сил и др. Известно, что центробежные силы, как правило, возникают при вписывании электровоза в

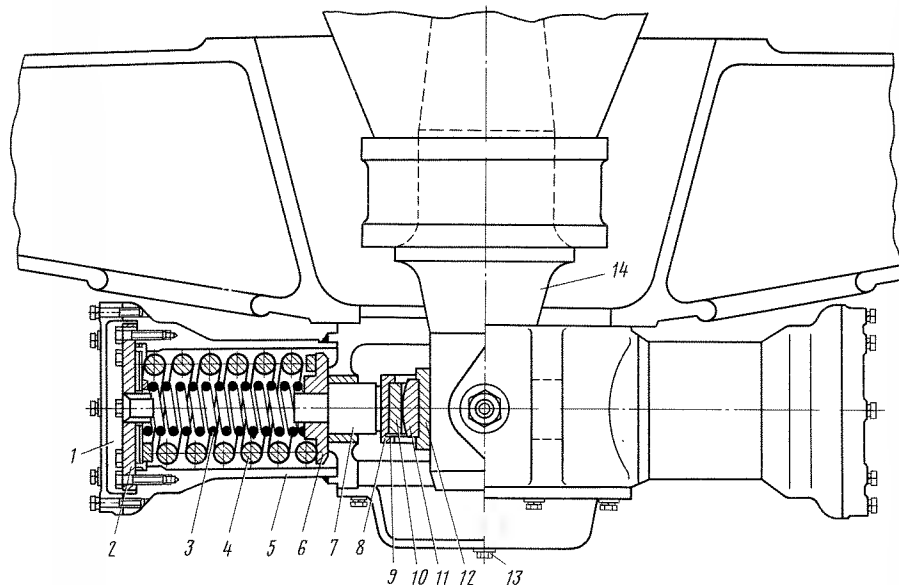


Рис. 37. Центральная (шкворневая) опора восьмиосных электровозов

кривые участки пути, следовательно, наличие люлечного подвешивания обеспечивает плавный вход экипажа в кривые и выход из них. При отклонении кузова от центрального положения люлечное устройство создает усилия, возвращающие его в исходное положение.

Расположение опор кузова восьмиосных электровозов с люлечным устройством показано на рис. 38.

Рассмотрим устройство люлечного подвешивания на восьмиосных электровозах (рис. 39). Оно состоит из двух узлов: верхнего, конструктивно связанного с рамой тележки, и нижнего, связанного с рамой кузова. Оба узла объединены одним стержнем 8. Кузов

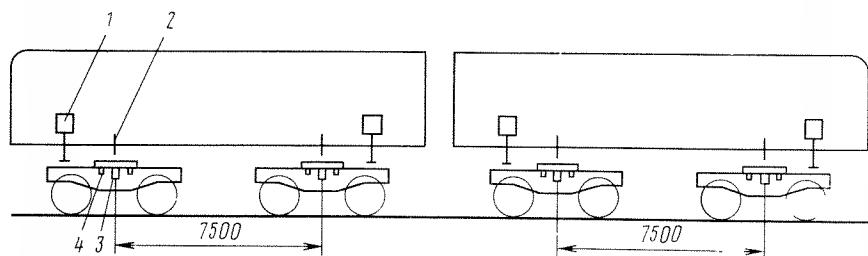


Рис. 38. Расположение опор кузова восьмиосных электровозов с люлечным подвешиванием:

1 — противоразгрузочные устройства; 2 — центральный шкворень; 3 — кронштейн под гидравлический амортизатор; 4 — кронштейн под люлечное устройство

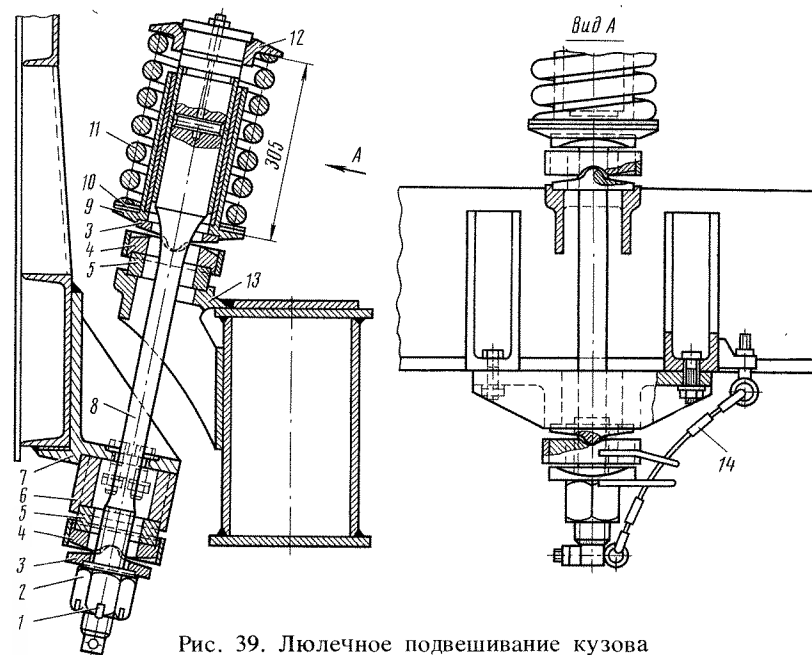


Рис. 39. Люлечное подвешивание кузова

своими кронштейнами 7 и балансиром 6 опирается через шарнирный узел на гайку 2, зафиксированную шплинтом 1. Нижний, а также верхний шарнирный узел, на который опирается направляющий стакан 9 и пружина 11, состоят из двух опор 3 и 5 с кулачками, расположенными по отношению друг к другу под углом 90° , и находящейся между ними прокладки 4 со впадинами. Вертикальная нагрузка от кузова по стержню через съемную шайбу 12 на его верхнем конце, пружину 11, фланец стакана 9 и верхний шарнир передается через кронштейн 13 на раму тележки. Следовательно, в такой системе вертикальные нагрузки от кузова упруго передаются на тележки электровоза.

Система нижнего и верхнего шарнирных узлов обеспечивает перемещение кузова относительно тележки в поперечном направлении, а также поворот тележек под кузовом.

При рабочей высоте пружины 305 мм нагрузка на нее составляет около 70 кН. Пружина 11 изготовлена из высококачественной стали. Стержень в верхней части имеет закаленные втулки из стали 45, а стакан облицован марганцовистыми втулками. Для уменьшения износов в стержне предусмотрена система смазки. Высота пружины 11 выдерживается с помощью регулировочных шайб 10. Люлечная подвеска имеет трос 14, который в случае неисправности предупреждает падение деталей нижнего шарнира.

Поперечные отклонения кузова от центрального положения ограничиваются двумя горизонтальными упорами (рис. 40), которые состоят из крышки 1, пружины 2, корпуса 3 и регулировочных прокладок 4, позволяющих выдерживать зазор относительно рамы

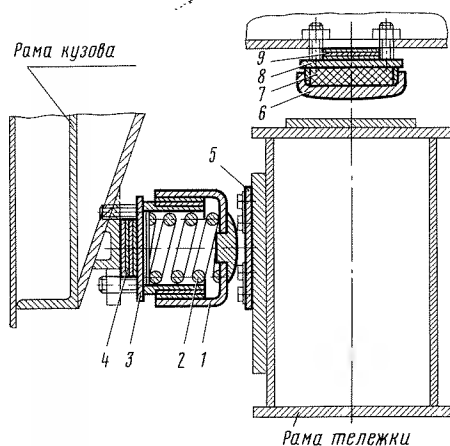


Рис. 40. Упоры люлечного подвешивания

ду рамами кузова и тележки устанавливают вертикальный упор, состоящий из крышки 6, резиновой шайбы 7, корпуса 8 и регулировочных шайб 9, позволяющих выдерживать зазор между рамами кузова и тележки в пределах 20—30 мм.

Оба упора крепят к раме кузова на шпильках.

На электровозах с люлечным подвешиванием центральный шкворневой узел (см. рис. 37) выполняется без противоотносного аппарата, пружин 3, 4 и стакана 5, поскольку поперечные перемещения передаются люлечным подвешиванием.

Рассмотрим другую систему опор кузова на тележки, широко применяемую на восьмиосных электровозах. Боковые опоры расположены на продольных балках рам тележек по две на каждой стороне. К продольным балкам приваривают специальные накладки под подпятник 16 опоры 15 (рис. 41, а).

Боковая опора состоит из двух стаканов и пружин. Один стакан 4 жестко связан с рамой кузова болтами 3, а другой стакан 10 опирается на раму тележки. Между стаканами помещены пружины 8. Вес кузова через площадку стакана 4 и пружину 8 передается на площадку стакана 10. Для свободного перемещения кузова относительно тележки между стаканами предусмотрен вертикальный зазор, равный 34 мм.

Стакан 10 опирается сферической поверхностью на опору 15, на которой предусмотрены канавки для циркуляции смазки с целью уменьшения износа трущихся поверхностей. Опора 15 через шайбы 17 воздействует на подпятник 16, опирающийся на накладки продольной балки рамы тележки. Он может скользить по ним в масляной ванне полости Б. Масло к поверхностям трения стакана 10 и опоры 15 подводится из полости А фитилем 6 по трубе 7 с крышкой 5. Чтобы в полость А не попадали посторонние предметы, ее закрывают диском 2, прикрепленным к стакану 4 витками 1, а полость Б—гибким чехлом 12. Последний укреплен на стороне кузова ободом 11, а на стороне тележки—ободом 13 и гайкой 14. В полость

тележки равным 15^{+3} мм. Крышка упора с внешней стороны имеет вкладыш из марганцовистой стали, а накладка 5 на боковине рамы тележки—закаленную поверхность. Возвращающее усилие, создаваемое люлечным подвешиванием, остается постоянным до тех пор, пока отклонение кузова соответствует воздушному зазору, а затем увеличивается под действием упругих свойств упора.

Для ограничения вертикальных отклонений кузова относительно тележки, а также для того, чтобы предупредить соприкосновение витков пружины люлечного подвешивания, меж-

А заливают 0,8 кг, в полость Б—1,5 кг осевого масла через специальные масленки. Пружина 8 рассчитана на нормальную передачу усилия примерно 64 кН, при этом высота пружины равна 280 мм. Если пружина имеет меньшую высоту, подкладывают шайбу 9 (одну—три).

Чтобы обеспечить правильную развеску электровоза по осям в случае необходимости, регулируют боковые опоры, для чего под опору 15 подкладывают шайбы 17. Однако число таких шайб под каждой опорой не должно превышать семи.

Восьмиосные электровозы выпускались также с несколько иной системой подачи масла к поверхностям трения опор. Смазывание этих поверхностей осуществлялось в одной масляной ванне. Масло из масленки 18 (рис. 41, б) по трубе 19 подается в ванну 20, в которой расположены две пары трения: опора стакана—подпятник и подпятник—накладки на продольной балке тележки. Ванна 20 закрыта крышкой 21. Упор 22 ограничивает вертикальные отклонения кузова. Между упором и рамой тележки имеется воздушный

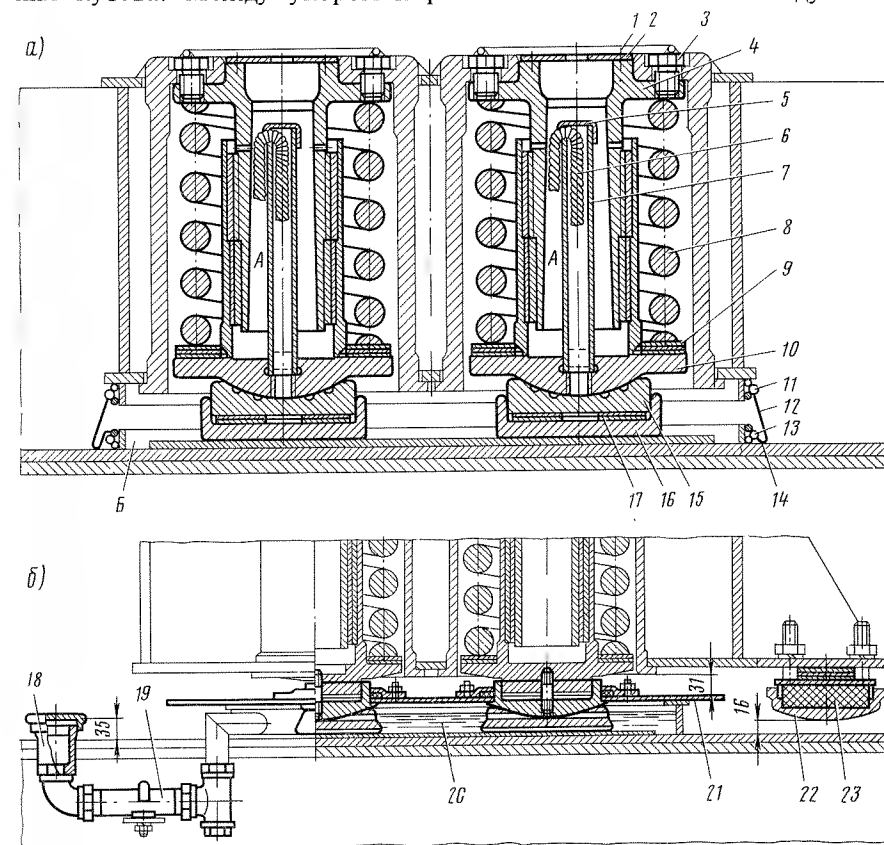


Рис. 41. Боковая опора восьмиосных электровозов (а) и система подачи масла к боковым опорам трения (б)

зазор 16 мм. Вначале кузов отклоняется в пределах этого зазора, а затем под действием упругих свойств резины 23 упора до 35 мм.

На электровозе ЧС4^т горизонтальные усилия передаются на кузов через шкворневой узел с возвращающим устройством, а вертикальная нагрузка от кузова на тележки — только через боковые опоры трения. Устройства, выполненные на электровозе ЧС4^т, по принципу действия такие же, как применяемые с этой целью на восьмиосных электровозах, но отличаются по конструкции.

Если в системе рессорного подвешивания применены только цилиндрические пружины, приходится дополнительно устанавливать амортизаторы. Как известно, у цилиндрических пружин практически отсутствуют силы трения, поэтому колебания в них, вызванные внешними силами, могут продолжаться длительное время. Чтобы предупредить возможность возникновения незатухающих колебаний кузова или рамы тележки электровоза, устанавливают гасители колебаний — амортизаторы. Назначение амортизаторов — поглощать энергию ударов, вызывающих колебания цилиндрических пружин. На восьмиосных электровозах во второй ступени рессорного подвешивания (между рамами кузова и тележек), где применены только цилиндрические пружины, дополнительно устанавливают гидравлические амортизаторы. На электровозах ЧС4^т такие амортизаторы устанавливают в первой ступени рессорного подвешивания — между буксовым узлом и рамой тележки.

Гидравлические амортизаторы в отличие от амортизаторов других систем являются гасителями вязкого трения, т. е. поглощение сил удара в них происходит в процессе продавливания жидкости из одной полости в другую через калиброванное отверстие и вследствие возникающего при этом сопротивления движению жидкости.

Гидравлические амортизаторы электровозов (рис. 42) состоят из двух частей, которые могут перемещаться друг относительно друга. Верхняя часть 2 амортизатора прикреплена к кронштейну 1 рамы кузова с помощью валика 3 и резиновой втулки 4. Нижняя часть 15 амортизатора прикреплена к кронштейну 16 рамы тележки таким же образом.

В случае возникновения вертикальных колебаний кузова относительно тележки (или тележки относительно буксового узла на электровозе ЧС4) шток 5, прикрепленный винтом 21 к верхней части 2 амортизатора, с поршнем 17 может перемещаться вверх или вниз. При движении штока с поршнем вниз происходит процесс сжатия, и жидкость (масло) из подпоршневой полости В рабочего цилиндра 11 продавливается через дросселирующее отверстие в нижнем клапане 14 в полость А внешнего цилиндра 12. Одновременно открывается отверстие в верхнем клапане 13, и жидкость переходит в надпоршневую полость Б рабочего цилиндра. При движении штока с поршнем вверх (процесс растяжения) верхний клапан 13 опускается, и жидкость перетекает из полости Б в полость В через дросселирующие отверстия в клапане 13. Одновременно поднимается нижний клапан 14, и жидкость из полости А поступает в полость В.

В качестве рабочей жидкости применяют приборное масло в количестве 0,6 л. Для заполнения амортизатора маслом необходимо отвернуть защитный цилиндр 6, затем гайки 7 и 20, освободить резиновые уплотнения цилиндров 8 и 18, металлическое кольцо 19,

крышку 9 и направляющую штока 10. После того как амортизатор будет заполнен маслом, прибор необходимо собрать в обратном порядке.

В системе люлечного подвешивания гидравлические амортизаторы 2 (рис. 43) устанавливают под углом 45°. Одним концом они шарнирно связаны с кронштейном 3 рамы кузова, а другим — с кронштейном 1 рамы тележки.

Гидравлические амортизаторы, устанавливаемые в первой ступени рессорного подвешивания электровозов ЧС4^т, по принципу действия аналогичны описанному и отличаются конструкцией.

На восьмиосных электровозах с целью выравнивания нагрузок на колесные пары при движении, а также повышения использования сцепного веса применяют противоразгрузочное устройство (рис. 44). Оно состоит из цилиндра 10, укрепленного на кронштейне буферного бруса кузова, и рычага 8, верхний конец которого шарнирно крепится валиком 7 к кронштейну 5, установленному на кузове. Внизу рычаг 8 соединен со штоком цилиндра валиком 9. На верхнем другом конце его установлен ролик 6, через который передаются нагрузочные усилия на специальные планки, расположенные на концевых поперечных балках рам тележек. Чтобы валик 1 ролика не мог выпасть, установлена планка 2, закрепленная болтами 3 и проволокой 4, проходящей через отверстия головок болтов.

Всего на электровозе установлено четыре (см. рис. 38) противоразгрузочных устройства, из которых одновременно работают два. При движении электровоза в работу включают

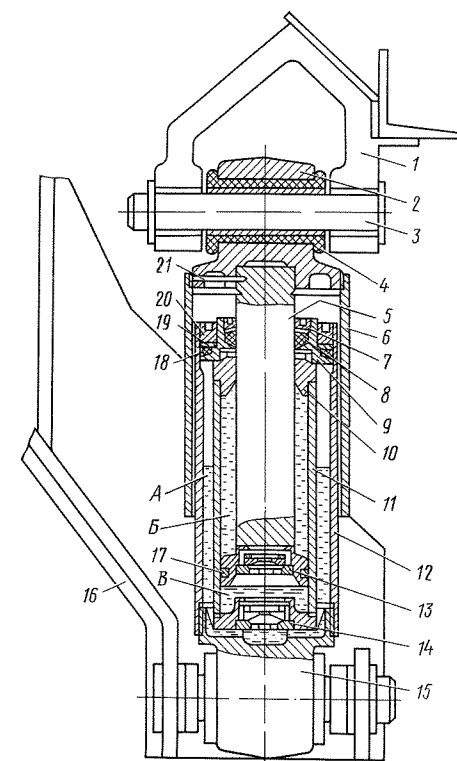


Рис. 42. Гидравлический амортизатор восьмиосных электровозов

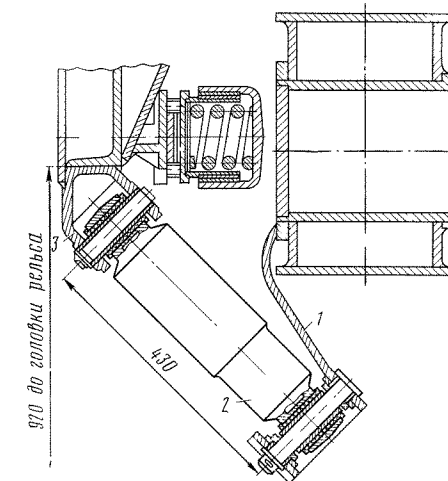


Рис. 43. Установка амортизаторов

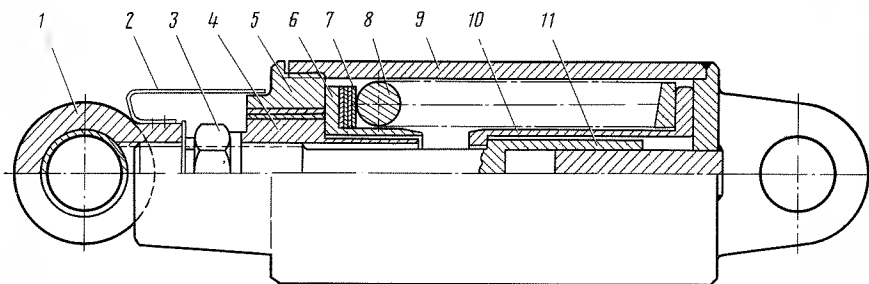


Рис. 47. Возвращающее устройство электровоза ВЛ60^к

сжимаются и создают усилия, побуждающие опоры занять исходное вертикальное положение.

Рассмотрим устройство центральной опоры маятникового типа на электровозе ВЛ60^к. Центральная опора 1 представляет собой фасонную отливку из стали. На концах ее имеются два конуса, обрабатываемых под углом 30° к вертикальной оси опоры. В средней части, вдоль оси электровоза, к опоре крепят накладку 4 из марганцовистой стали, обладающей высокой износостойкостью. Между конусом 7 и опорой 1 расположен резиновый конус 2. Такой узел имеется как между рамой 10 кузова и опорой 1, так и между опорой и рамой 9

тележки. Снизу конус закрыт чехлом 8, что предотвращает попадание в него грязи.

На электровозах ВЛ60^к через каждую центральную опору передается вертикальная нагрузка, примерно равная 110 кН.

Тяговые и тормозные усилия в горизонтальном направлении передаются через жестко соединенный с рамой кузова кронштейн 6, который в месте соприкосновения с опорой 1 имеет накладки 5 из марганцовистой стали. Тяговые (горизонтальные) усилия при таком устройстве опоры передаются от рамы тележки 9 через резиновый конус 2 на опору 1, а от нее через кронштейн 6 — на раму кузова. Расстояние М и N между накладками не должно превышать 0,8 мм, при этом будут одновременно работать все четыре опоры.

Возвращающее устройство (рис. 47) электровоза ВЛ60^к состоит из пружины 8, располо-

женной внутри цилиндрического корпуса 9. С одного конца корпус имеет прилив, который валиком соединен с кронштейном, жестко укрепленным на раме кузова (см. рис. 46). Другим концом возвращающее устройство присоединено к опоре с помощью головки 1 (см. рис. 47) специального болта 11 и фиксирующей гайки 3. На корпусе имеется резьба под гайку 5, которая предотвращает выпадение пружины. Чехол 2 защищает устройство от воздействия пыли, грязи, снега и т. п. Нормальное вертикальное положение опоры обеспечивается первоначальным натягом пружины 8, равным 12 кН. Натяг создается гайкой 4, действующей через втулку 6 на пружину. Кроме того, первоначальный натяг регулируют, изменяя число установленных шайб 7. Если опора отклоняется от исходного положения, болт 11 перемещается в корпусе и через втулки 6 и 10 воздействует на пружину, которая всегда работает на сжатие.

На электровозе ВЛ60^к установлены четыре боковые опоры. Боковая опора (рис. 48) состоит из двух узлов; один из них расположен на раме кузова, другой — на раме тележки. Узлы связаны стержнем 5. Нижний конец стержня опирается на вкладыш 6, установленный в кронштейне 7 рамы тележки 9. На другой конец стержня 5 опирается стакан 4. Между ними находится вкладыш 3, изготовленный из марганцовистой стали, а между стаканом 4 и основанием кронштейна 10 рамы кузова 1 — пружина 2. Если электровоз находится на ровном участке пути, то пружина 2 боковой опоры должна быть сжата примерно до 47 мм. Через каждую боковую опору передается вертикальная нагрузка от кузова на тележку, равная 55—60 кН. Эту нагрузку можно регулировать пробкой 8 в кронштейне 7. На электровозах дополнительно установлены скользящие опоры трения, которые поглощают энергию, возникающую при колебаниях кузова, и тем самым способствуют прекращению колебаний кузова при движении электровоза.

§ 15. Вентиляционные устройства

В процессе работы электрического оборудования электровоза — тяговых двигателей, выпрямительных установок, трансформаторов, вспомогательных машин, аппаратуры — происходят потери энергии, которые обычно выделяются в виде тепла. Это тепло необходимо отвести от машины или аппарата во внешнюю среду. На электровозах предусматривают специальные вентиляционные устройства, обеспечивающие интенсивную подачу необходимого количества воздуха для охлаждения трансформатора, тяговых двигателей, выпрямительной установки, сглаживающих реакторов. Устройства вентиляции состоят из вентиляторов, воздухопроводов прямоугольного сечения, фильтров и специальных заслонок. Вентиляторы приводятся во вращение электродвигателями. Воздухопроводы выполнены из тонколистовой стали, фильтры — из металлических сеток, регулирующие заслонки (шиберы) — из листовой стали.

Система вентиляции (рис. 49) и ее устройства в каждой секции электровоза ВЛ80^т одинаковы. В машинном помещении установлен центробежный вентилятор 1. Забор воздуха производится через жалюзи 11. На пути до вентилятора воздух охлаждает индуктивные

Рис. 48. Боковая опора кузова электровоза ВЛ60^к

шунты 13, а после вентилятора—тяговые двигатели *ТД* и *ТДП*; выбрасывается воздух под кузов.

Два центробежных вентилятора с одномоторным приводом 3, установленные в том же конце машинного помещения, где и вентилятор 1, производят забор воздуха через жалюзи 11 и 12. Специальное устройство переключения 6 позволяет воздух от вентиляторов направить на охлаждение или блока тормозных реостатов 5 (при работе электровоза в режиме электрического торможения), или выпрямительной установки 7, трансформатора 19 и сглаживающего реактора 16 (в режиме тяги). Распределение воздуха между ними осуществляется заслонками 18 (на трансформатор) и 15 (на реактор). После охлаждения блока тормозных реостатов воздух выходит через жалюзи 4 на крыше электровоза.

В другом конце машинного помещения установлены такие же вентиляторы, охлаждение аппаратов и тяговых двигателей *ТДП* и *ТДВ* производится аналогичным образом. Некоторое отличие заключается в том, что от вентилятора 8, охлаждающего двигатель *ТДВ*, часть воздуха по воздухопроводу 22 направляется на охлаждение блока выпрямительной установки возбуждения 10. Количество необходимого воздуха для нее устанавливается заслонкой 9, фиксируемой в определенном положении.

В воздухопроводах к двигателям *ТД* и *ТДП* имеются заслонки 21, через которые производится выброс воздуха в кузов для создания противодавления, т. е. внутри кузова создают избыточное давление, препятствующее проникновению через неплотности кузова наиболее запыленной части воздуха, находящегося непосредственно над железнодорожным полотном. Воздух, поступающий через заслонки 21, также охлаждает оборудование, расположенное внутри кузова. Из кузова воздух выходит через дефлекторы 2, расположенные на крыше. Перед вентиляторами в кузове предусмотрены форкамеры 20, 17 и малая камера 14.

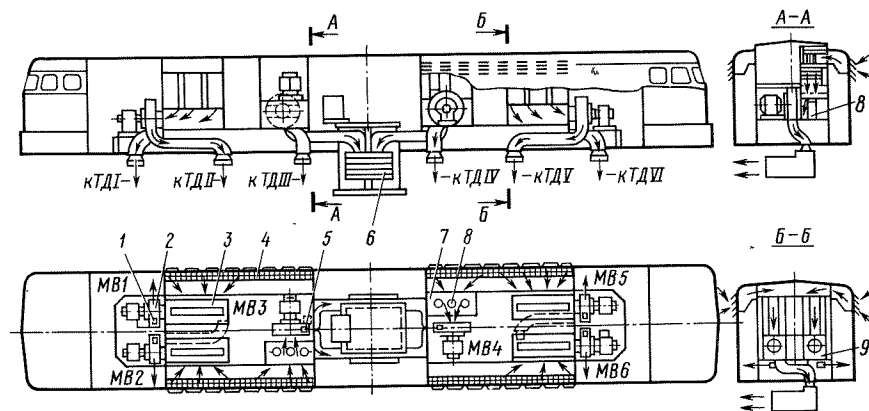


Рис. 50. Схема вентиляции электровоза ВЛ60^к

Система вентиляции имеет летний и зимний режимы работы. Зимой на воздухозаборные жалюзи устанавливают фильтры-шторы.

Система вентиляции и ее устройства в каждой секции электровоза ВЛ80^к также одинаковы.

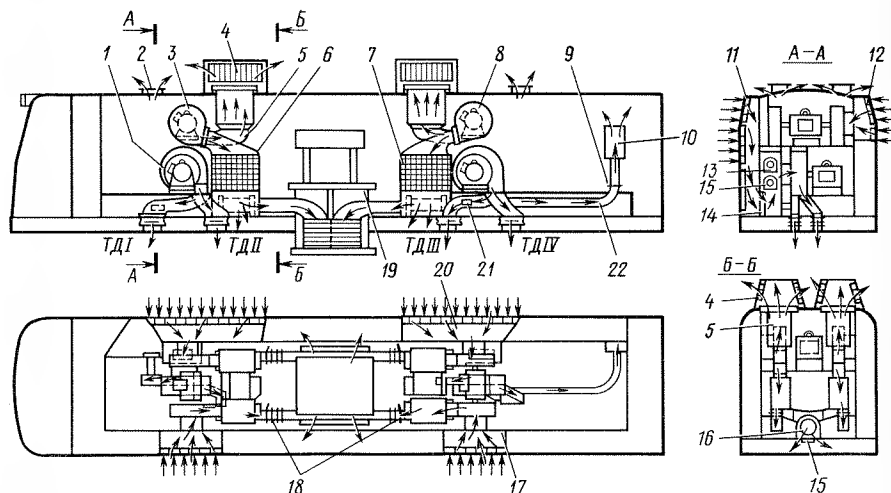
Схема вентиляции электровоза ВЛ60^к (рис. 50) предусматривает четыре параллельных воздушных потока, направленных сверху электровоза вниз. Каждый воздушный поток независим от других. Два крайних воздушных потока симметричны. Их используют для охлаждения выпрямительных установок и части тяговых двигателей *ТД*, *ТДП*, *ТДВ* и *ТДVI*. Воздух засасывается через жалюзи 4, затем проходит через фильтры, очищающие его от пыли, и после этого поступает в камеру для охлаждения выпрямительных установок 3. Далее вентиляторы 2 (*МВ1*, *МВ2*, *МВ5* и *МВ6* на схемах электрических цепей) нагнетают воздух в тяговые двигатели. Воздух выходит из двигателя в атмосферу.

Два других воздушных также параллельных потока от вентиляторов *МВ3* и *МВ4*, расположенных в середине электровоза, охлаждают сглаживающие реакторы 7, индуктивные шунты 8, теплообменники 6 тягового трансформатора и тяговые двигатели *ТДП* и *ТДVI*. Через жалюзи и фильтры воздух поступает в камеры, где расположены сглаживающие реакторы и индуктивные шунты, а после вентилятора разветвляется по двум направлениям: к теплообменнику трансформатора и к тяговому двигателю. Распределяют воздух между двигателем и теплообменником трансформатора регулирующими заслонками.

Кроме того, в кожухе вентиляторов и воздуховоде устроены патрубки 1, 5 и 9 с заслонками; через них некоторая часть воздуха выбрасывается внутрь кузова.

§ 16. Песочницы

На всех электровозах имеются устройства, осуществляющие подачу песка на рельсы под колеса электровоза, в результате чего значительно увеличивается коэффициент сцепления колес с рельса-



ми, а следовательно, и сила тяги электровоза. Песок применяют также и в тех случаях, когда необходимо предупредить или остановить боксование колес электровоза, а также при экстренном торможении.

Песок, применяемый в песочных устройствах электровоза, должен свободно и равномерно проходить по трубам, иметь зерна размером от 0,1 до 2 мм (зерна меньше 0,1 мм относятся к пыли). Песок должен обладать достаточной твердостью и прочностью. Последнее свойство определяется количеством кварца, содержащегося в нем: в песке нормального качества кварца должно быть не менее 70%, а повышенного качества — не менее 90%. Песок не должен изменять своих качеств при нагревании в сушильных печах и легко отдавать содержащуюся в нем влагу.

Песочные устройства на электровозах состоят из бункера, форсунки и труб, проводящих песок. Бункера на восьмиосных электровозах вмещают примерно 2,5 м³, а на электровозах ВЛ60^к и ЧС4^т — 1,6 м³ песка. Бункер заполняют песком через люки с сеткой, расположенные на крыше электровоза. Из бункера песок поступает в форсунку по трубопроводу.

Рассмотрим, как работает песочное устройство, например, на электровозе ВЛ80^т (рис. 51). Когда приводят в действие ручной клапан 3 песочницы, воздух из питательной магистрали 4 через разобщительный кран 2, клапан 3, переключающий клапан 5 поступает к форсунке 6. При этом песок подается только под первую колесную пару той секции электровоза, из кабины которой ведется управление.

В том случае, когда требуется подать песок под несколько колесных пар электровоза или когда электровозы работают по системе многих единиц, управление песочными устройствами осуществляется с помощью электропневматических клапанов 1. Эти клапаны получают питание от выключателей песочниц, установленных в кабинах машиниста, через блокировки реверсора *вп* или *наз*, после чего воздух из питательной магистрали через разобщительные краны, клапаны 1, переключающий клапан 5 поступает в форсунки

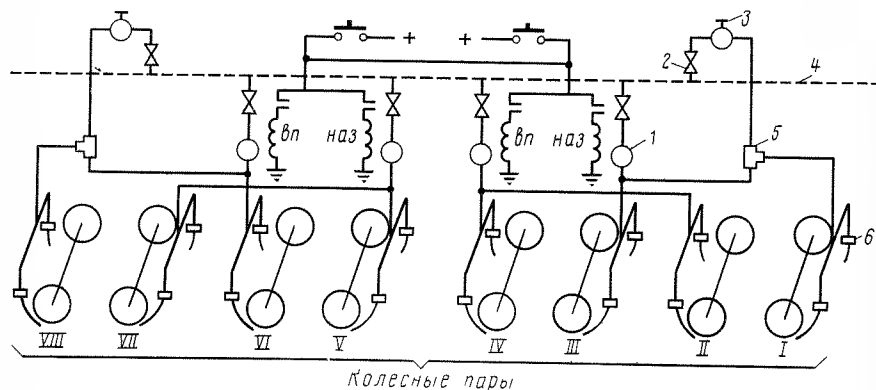


Рис. 51. Схема пескоподачи на восьмиосных электровозах

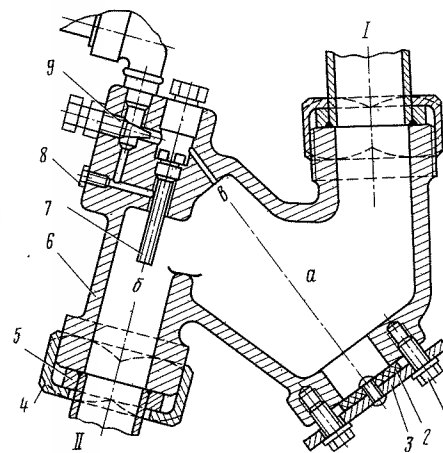


Рис. 52. Форсунка песочницы

колесных пар I, III, V и VII электровоза, и под эти же колесные пары подается песок.

Форсунка (рис. 52) имеет отверстие I для ввода и отверстие II для вывода песка через трубы. Трубы присоединяют к корпусу форсунки 6 накидными гайками 4 и кольцами 5, привариваемыми к трубам. Третье отверстие предназначено для чистки форсунки. Оно нормально закрыто крышкой 3, привинченной болтами 1, и уплотнительной резиной 2.

Через отверстие в корпусе с регулирующим болтом 9 перепускают поступающий воздух из магистрали в сопло 7, а оттуда в отверстие б для рыхления песка, находящегося в камере а. Воздух из сопла 7 поступает в камеру б, увлекает за собой песок из камеры а и дальше по трубам поступает вместе с песком на рельсы. Вращая болт 9, регулируют подачу песка от 400 до 500 г в 1 мин на одну форсунку. По каналу (с заглушкой 8) воздух проходит вокруг наружной поверхности сопла, чем достигается повышение давления в камере б. При этом увеличивается скорость истечения песка, однако без увеличения его расхода.

Подобные устройства имеются и на электровозах других серий.

ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

§ 17. Условия работы тяговых двигателей

Тяговые двигатели электровозов переменного тока работают в условиях резких изменений нагрузок; частота вращения их якорей изменяется в широких пределах. Это обусловлено частыми пусками электровозов, преодолением ими подъемов, значительными колебаниями напряжения в контактной сети. На тяговые двигатели воздействуют также механические силы, возникающие от сотрясений и ударов при движении электровоза. Особенно велики динамические силы, воздействующие на двигатели с опорно-осевым подвешиванием. Большие динамические нагрузки через зубчатую передачу передаются на якорь двигателя, причем только часть их поглощается в пружинных элементах прямозубой передачи. Все это усложняет условия работы ряда узлов двигателя и, в частности, щеточного аппарата. Кроме того, пыль, поднимающаяся с пути при движении подвижного состава, угольная пыль от истирающихся щеток, снег, влага, содержащаяся в воздухе, способствуют загрязнению и отсыреванию изоляции узлов двигателей, снижению ее электрической прочности.

Поэтому к тяговым двигателям предъявляются особые требования, обеспечивающие их надежную работу в эксплуатации. Так, необходимо, чтобы двигатели выдерживали значительные перегрузки, температура нагрева их обмоток не превосходила допустимую для изоляции определенного класса, коммутация была надежной, устойчивой. Кроме того, тяговые двигатели должны быть механически прочными, особенно в местах подвески к раме тележки и оси колесной пары. Мощность тягового двигателя желательно иметь по возможности большей при наименьших его массе и размерах, ограничиваемых шириной рельсовой колеи 1520 мм и диаметром колеса 1250 мм.

Этим требованиям удовлетворяют тяговые двигатели постоянного тока последовательного возбуждения. Они допускают большие перегрузки и устойчиво работают в условиях резких колебаний напряжения в контактной сети. При параллельном соединении таких двигателей, обычно выполняемых на электровозах переменного тока, обеспечивается равномерное распределение нагрузок между ними.

§ 18. Характеристики тяговых двигателей

В двигателе электрическая энергия преобразуется в механическую. Для целей тяги очень важно знать *электромеханические характеристики двигателя*—зависимость его механических параметров (частоты вращения, силы тяги F и коэффициента полезного

действия η) от электрических (тока I двигателя при номинальном напряжении на его коллекторе).

Электромеханические характеристики строят для двигателей каждого типа. По горизонтальной оси (абсцисс) откладывают значения тока якоря в амперах, по вертикальной (ординат)— значения скорости, силы тяги и к.п.д. (рис. 53 и 54).

Скоростная характеристика двигателя с последовательным возбуждением (зависимость скорости от тока) является крутопадающей. Чтобы обеспечить равномерное распределение тока между параллельно соединенными двигателями, необходимо для электровоза подобрать двигатели, у которых скоростные характеристики почти одинаковы. ГОСТ 2582—72 допускает отклонение частоты вращения двигателя от номинальной не более чем на $\pm 4\%$. Обычно для тяговых двигателей эта величина не превышает $\pm 3\%$. При значительной разнице в частоте вращения двигателей одного электровоза двигатель с большей частотой будет иметь большую нагрузку.

Тяговые двигатели в номинальных режимах характеризуются мощностью, напряжением, током и частотой вращения якоря. Под номинальным понимают напряжение, на которое рассчитан тяговый двигатель. Оно указано на его щитке.

Различают мощность тяговых двигателей в часовом и продолжительном режимах. *Мощность продолжительного режима*—это мощность, с которой двигатель может работать в течение длительного времени, причем температура нагрева его отдельных частей не превышает допустимую. *Мощность часового режима*—это мощность, с которой двигатель может работать в течение 1 ч и его обмотки за это время нагреваются под действием тока от температуры окружающей среды до предельно допустимой. Мощность часового

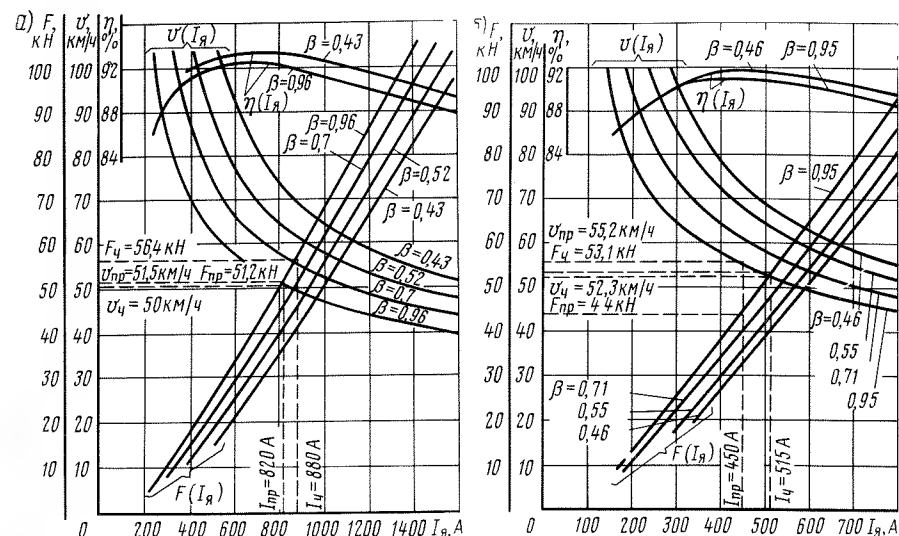


Рис. 53. Электромеханические характеристики тяговых двигателей НБ-418 К6 (а) и НБ-412К (б)

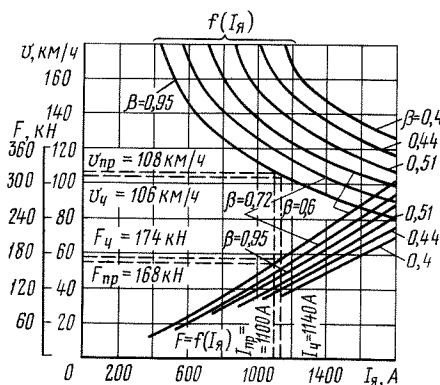


Рис. 54

Рис. 54. Электромеханические характеристики тягового двигателя AL-4442nP

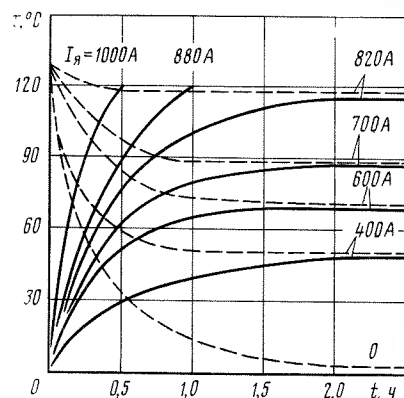


Рис. 55

Рис. 55. Кривые нагрева (сплошные) и охлаждения (штриховые) обмотки якоря тягового двигателя НБ-418К6 при количестве охлаждающего воздуха 105 м³/мин и различных значениях тока якоря

го режима всегда несколько больше, чем продолжительного. В соответствии с длительной и часовой мощностью различают ток двигателя длительный и часовой.

Работоспособность двигателя определяется нагреванием обмоток якоря и катушек полюсов. Поэтому для них установлены допустимые пределы температур, определяемые ГОСТ 2582—72. Применительно к двигателям с опорно-осевым подвешиванием допустимое превышение температуры обмоток якоря над температурой окружающего воздуха равно 120°C для изоляции класса В и 160°C для изоляции класса Н. При этом температура охлаждающего воздуха может находиться в пределах от +10 до +40°C. Превышение температуры обмоток катушек главных и дополнительных полюсов над температурой окружающего воздуха допускается больше, чем для обмоток якоря: 130° для класса В и 180°C для класса Н. Это объясняется тем, что при движении электроваза более интенсивно охлаждаются катушки полюсов, чем обмотки якоря.

На заводе-изготовителе для двигателя каждого нового типа строят кривые нагрева и охлаждения. Обычно строят такие кривые для отдельных узлов двигателя. На оси ординат откладывают превышение температуры τ в °C, а на оси абсцисс — время t в часах. Так как нагрев обмоток тягового двигателя зависит от его тока якоря $I_{\text{я}}$, кривые нагрева и охлаждения строят для ряда значения $I_{\text{я}}$. Этими кривыми пользуются, чтобы определить, например, какая устанавливается температура обмотки при данной продолжительности работы двигателя и заданном значении нагрузки. Так, по кривым рис. 55 можно определить, что при токе $I_{\text{я}}=880$ А, соответствующем часовому режиму, допустимое превышение температуры обмоток 120°C наступает через 1 ч работы тягового двигателя. Если двигатель будет продолжать работать, температура обмотки якоря превысит

допустимую. При токе 820 А, соответствующем продолжительному режиму работы, температура обмотки якоря не превышает допустимых значений для любой длительности работы двигателя; кривая нагревания идет параллельно горизонтальной оси. Это значит, что тепло, выделяемое в двигателе, полностью отводится от него охлаждающим воздухом, т. е. наступает тепловое равновесие машины.

§ 19. Особенности коммутации тяговых двигателей

На электровозах переменного тока со статическими выпрямителями к тяговым двигателям подводится выпрямленный ток, пульсация которого достигает больших значений. Условия коммутации таких двигателей более тяжелые, чем у тяговых двигателей, питаемых постоянным током. Под коммутацией тока понимают процесс изменения направления тока в секции обмотки якоря при переходе ее из одной параллельной ветви в другую.

Рассмотрим сущность явления коммутации на примере двигателя с простой петлевой обмоткой якоря при условии, что ширина электрощетки равна ширине коллекторной пластины. Ток $2i$, проходящий через электрощетку, когда она стоит на пластине коллектора 2 (рис. 56, а), распределяется между двумя параллельными ветвями. В каждой ветви проходит ток i (положительным будем считать направление тока влево): в секции А ток — i , а в секции В ток + i .

Допустим, что якорь двигателя переместился и щетка установилась на пластине 1 (рис. 56, б). Тогда ток + i протекает по секции В, а по секции Б проходит ток — i , т. е. ток в секции Б изменил направление. Таким образом, секция Б перешла из одной параллельной ветви в другую. При переходе секция Б занимала промежуточное положение, когда щетка перекрывала обе пластины 2 и 1 (рис. 56, в). В этот момент она оказалась замкнутой накоротко, и в ней вследствие изменения тока i от конечного значения до нуля появилась э.д.с. самоиндукции, или реактивная э.д.с. Эта э.д.с. тем больше, чем быстрее изменяется ток в короткозамкнутой секции Б.

Как известно, э.д.с. самоиндукции стремится препятствовать изменению тока i в короткозамкнутой секции Б. Можно представить себе, что под влиянием э.д.с. самоиндукции в секции Б возникает дополнительный ток коммутации i_k , который направлен встречно по отношению к току i в секции В, но совпадает по направлению с током в секции А. Это вызывает понижение плотности тока под набегающим концом электрощетки и повышение ее под сбегающим концом. В момент когда щетка сходит с пластины коллектора 2, разрывается короткозамкнутый контур секции Б и появляется искрение. При определенных условиях искрение может перейти в круговой огонь.

Искрение и круговой огонь являются внешними признаками неудовлетворительной коммутации тягового двигателя. В соответствии с ГОСТ 183—74

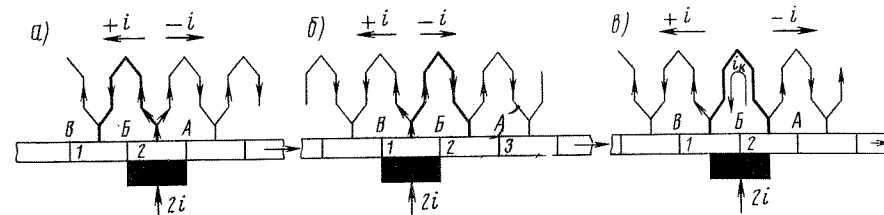


Рис. 56. Схемы, поясняющие процесс коммутации тока при различных положениях электрощетки

установлены следующие пять степеней искрения, называемые классами коммутации: класс 1—искрение отсутствует (темная коммутация); класс $1\frac{1}{4}$ —слабое точечное искрение приблизительно под четвертью длины щетки у небольшого числа щеток; класс $1\frac{1}{2}$ —слабое искрение под большей частью щетки примерно у половины щеток; класс 2—искрение под всем краем щеток у большей их части; класс 3—значительное искрение под всем краем у всех щеток. Классы коммутации до $1\frac{1}{2}$ считают допустимыми для всех номинальных режимов работы, класс 2—только при кратковременных токах нагрузки и перегрузках, класс 3—недопустимым, кроме случаев прямых (без реостатов) включений или реверсирования при условии, что коллектор и щетки после этого пригодны для дальнейшей работы.

Для того чтобы обеспечить надежную, безыскровую коммутацию, в тяговых двигателях предусмотрены дополнительные полюсы. Когда короткозамкнутая секция пересекает магнитный поток дополнительного полюса, в ней возникает так называемая коммутирующая э.д.с., которая всегда направлена встречно по отношению к э.д.с. самоиндукции. Коммутирующая э.д.с. компенсирует реактивную э.д.с., и в результате создаются условия для удовлетворительной коммутации тягового двигателя.

Значительно влияют на качество коммутации тяговых двигателей потенциальные условия на коллекторе. Коммутация двигателя будет протекать нормально, если между двумя соседними пластинами коллектора возможное наибольшее напряжение не превысит такого, при котором происходит перекрытие пластин электрической дугой. Допустимое напряжение между соседними пластинами коллектора находится в пределах 30—40 В.

Известно, что при работе тягового двигателя магнитный поток главных полюсов искажается магнитным потоком реакции якоря. Это приводит к неравномерному распределению магнитного потока под главными полюсами: под набегающим краем магнитное поле будет усиленным, а под сбегающим—ослабленным (рис. 57). Когда секция обмотки якоря проходит под главными полюсами в той части, где магнитное поле усиленное, в ней индуцируется э.д.с., примерно в 1,5 раза большая той, которая возникла бы в равномерном магнитном поле. Следовательно, и напряжение между коллекторными пластинами, находящимися в этой зоне, также примерно в 1,5 раза больше.

Для того чтобы магнитное поле было равномерным под всей поверхностью главного полюса, а в секциях наводилась э.д.с. практически одного значения, тяговые двигатели снабжают компенсационными обмотками. Магнитный поток, создаваемый этими обмотками, компенсирует (поэтому они получили такое название) поток реакции якоря, в результате чего создаются условия для практически равномерного магнитного поля под всей поверхностью главного полюса. Компенсационная обмотка—наиболее действенное средство улучшения коммутации тяговых двигателей, обычно работающих в условиях резко переменных нагрузок.

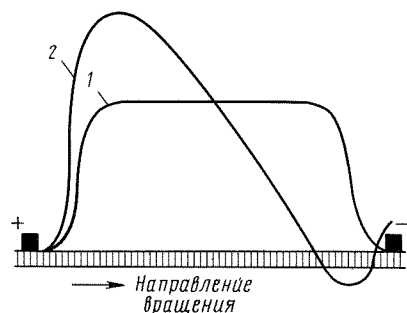


Рис. 57. Кривые распределения потенциала напряжения по коллектору при наличии компенсационной обмотки (кривая 1) и без нее (кривая 2)

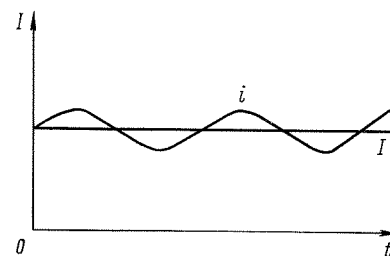


Рис. 58. Кривые выпрямленного тока

Рис. 59. Схема включения сглаживающего реактора и шунтирующего резистора

На качество коммутационного процесса тягового двигателя большое влияние оказывает степень чистоты обработки поверхности коллектора, точность сборки магнитной системы двигателя, марка и состояние электрощеток. Чтобы исключить влияние механических факторов на качество коммутации при производстве тяговых двигателей, устанавливают определенные допуски на обработку и сборку. Строго соблюдая эти допуски и другие требования при изготовлении тяговых двигателей и их ремонте, можно обеспечить в условиях эксплуатации удовлетворительную коммутацию машины.

На электровозах переменного тока со статическими преобразователями и двигателями постоянного тока условия коммутации еще больше усложняются, так как к двигателям подведено пульсирующее напряжение. Можно считать, что пульсирующий ток состоит из двух токов (рис. 58): постоянного I и переменного i . Пульсирующий ток в обмотках катушек главных полюсов создает пульсирующий магнитный поток, который также имеет постоянную и переменную составляющие.

Под влиянием переменной составляющей этого потока в короткозамкнутой секции обмоток якоря индуцируется так называемая *трансформаторная э.д.с.* Наличие ее усложняет коммутационный процесс в тяговом двигателе, так как при этом может нарушиться компенсация реактивной э.д.с. Кроме того, под действием пульсирующего магнитного потока в сплошном массивном остова тягового двигателя возникают вихревые токи, которые понижают индуктивное сопротивление двигателя и повышают пульсацию тока якоря. Чтобы исключить переменную составляющую из магнитного потока и уменьшить пульсацию выпрямленного тока, последовательно в цепь якоря тягового двигателя (рис. 59) включают дополнительную индуктивность CP (сглаживающий реактор) и параллельно обмотке возбуждения $ОВ$ —резистор R . Переменная составляющая тока проходит по резистору, а постоянная—по обмотке главных полюсов; в результате создается практически постоянный магнитный поток.

Переходные (нестационарные) процессы в цепях тяговых двигателей возникают при прекращении питания двигателей и быстром его восстановлении, например в случае отрыва токоприемника от контактного провода, при внезапных толчках тока нагрузки и резких переходах двигателя в генераторный режим. Поэтому тяговый двигатель рассчитывают таким образом, чтобы коммутация его была благоприятной при всевозможных нагрузках в переходных процессах.

§ 20. Общие сведения о конструкции тяговых двигателей

По конструкции двигателя электровоза переменного тока, работающего на пульсирующем токе, принципиально ничем не отличаются от двигателей постоянного тока. Электродвигатель состоит из двух основных частей: неподвижного остова и вращающегося якоря.

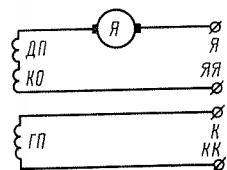


Рис. 60. Схема соединения обмоток двигателя последовательного возбуждения

Остов машины является магнитопроводом. На нем расположены главные и добавочные полюсы, подшипниковые щиты и щеточный аппарат. Якорь имеет сердечник, коллектор и обмотку, по которой протекает ток якоря.

Обычно тяговые двигатели выполняют шестиполюсными. Такой двигатель имеет шесть главных ГП (рис. 60) и шесть добавочных ДП полюсов.

Катушки главных полюсов соединены одна с другой внутри двигателя, а с обмоткой якоря—снаружи. Соединение катушек дополнительных полюсов с компенсационной

обмоткой и обмоткой якоря через щетки выполнено внутри машины. Концы катушек обмотки возбуждения и обмотки якоря выведены наружу. Это позволяет подключить к ним устройства, осуществляющие изменение направления движения электровоза, электрическое торможение, а также присоединять к катушкам главных полюсов резисторы различного сопротивления для регулирования скорости движения и улучшения работы двигателя.

Компенсационные обмотки КО, применяемые в основном для улучшения коммутации, обычно помещают в пазы сердечников главных полюсов и соединяют последовательно с катушками добавочных полюсов ДП и обмоткой якоря Я, причем таким образом, чтобы магнитный поток, создаваемый компенсационной обмоткой, был направлен встречно потоку реакции якоря.

Все тяговые двигатели выполняют с независимой принудительной вентиляцией, для чего устанавливают специальные вентиляторы. Чем интенсивнее вентиляция, тем с большими токами (соответственно и мощностью) может работать двигатель, тем больше номинальный ток. При такой системе охлаждения скорость подачи воздуха в двигатель постоянна. При отсутствии вентиляции используемая мощность обычно не превышает 20—25% номинальной. Чем интенсивнее вентиляция, тем больше мощность продолжительного режима приближается к мощности часового. Соотношение этих мощностей для двигателей разных типов различно. Так, для двигателей НБ-418К6 оно равно примерно 0,94, а двигателей НБ-412К— всего 0,87.

В двигателях всех типов, применяемых на электровозах переменного тока, воздух входит со стороны коллектора. Воздух, поступающий в коллекторную камеру, обычно распределяется на несколько параллельных потоков, что позволяет наиболее эффективно охлаждать различные части двигателя. Например, воздух внутри двигателя НБ-418К6 распределяется на два параллельных потока. Один поток идет под коллектор, затем проходит через два ряда вентиляционных каналов в сердечнике якоря и выходит наружу со стороны, противоположной коллектору. Другой поток охлаждает поверхность коллектора, якоря, проходит через воздушный зазор, межкатушечное пространство и также выходит наружу. Воздух обоих потоков выходит вверх через специальный люк, расположенный в остове двигателя со стороны, противоположной коллектору. Такая кон-

Таблица 2

Показатель	Технические данные двигателя типа		
	НБ-418К6	НБ-412К	АЛ-4442nP
Напряжение на зажимах двигателя, В	950	1600	800
Часовой режим:			
мощность, кВт	790	775	850
ток, А	880	515	1140
частота вращения, об/мин	890	850	1200
Продолжительный режим:			
мощность, кВт	740	675	820
ток, А	820	450	1100
частота вращения, об/мин	915	895	1215
Вращающий момент при часовом режиме, Н·м	8650	8880	7350
Частота вращения максимальная, об/мин	1950	1680	1860
К.п.д. при часовом режиме, %	94,5	93,4	93,2
Число полюсов	6	6	6
Диаметр якоря, мм	660	740	710
Длина сердечника якоря, мм	385	440	280
Диаметр коллектора, мм	520	600	570
Длина рабочей поверхности коллектора, мм	121	117	142
Число коллекторных пластин	348	525	261
Класс изоляции:			
обмотки якоря	В	В	Н
обмоток катушек главных полюсов	Ф	Н	Н
компенсационной обмотки	В	В	—
обмоток катушек добавочных полюсов	Ф	В	Н
Сопротивление двигателя, Ом:			
полное (при температуре 110°С)	0,0415	0,1181	0,0215
обмоток якоря	0,015	0,0422	0,0092
катушек главных полюсов	0,0103	0,0323	0,0071
катушек добавочных полюсов	0,0162	0,0136	0,052
компенсационной обмотки	—	0,030	—
Коэффициент постоянного ослабления возбуждения	0,96	0,95	0,955

струкция предотвращает попадание в двигатель снега, пыли, грязи, посторонних предметов.

В тяговом двигателе НБ-412К выход воздуха происходит через отверстия в подшипниковом щите и остова. От попадания посторонних предметов двигатель обычно защищают, устанавливая (особенно в зимнее время) специальные заглушки и кожуха.

В узлах тяговых двигателей применяют электрическую изоляцию, обладающую высокими механическими и тепловыми свойствами, а также электрической прочностью и влагостойкостью. В тяговом электромашиностроении обычно применяют изоляцию классов В и Н. Изоляция класса Н имеет высокую нагревостойкость. Используя эту изоляцию, можно создать при прочих равных условиях двигателя большей мощности (на 15%), чем в случае применения изоляции класса В.

На электровозах ВЛ80^т устанавливают тяговые двигатели типа НБ-418К6 (рис. 61). Остов 9 двигателя является магнитопроводом. На нем укреплены болтами сердечники с катушками главных полюсов 12 и дополнительных 13. С обоих торцов остова установлены щиты 2. Якорь 7 тягового двигателя вращается в роликовых подшипниках средней серии.

Тяговый двигатель НБ-412К (рис. 62), устанавливаемый на электровозах ВЛ60^к, подобен по устройству двигателю НБ-418К6 и состоит из аналогичных узлов и элементов. На остова 4 укреплены болтами сердечники главных 5 и дополнительных 12 полюсов, на полюсы насажены катушки 6 и 11, а также компенсационная обмотка 7. С обоих торцов остова установлены подшипниковые щиты 1 и 8.

К остова прикреплена поворотная траверса 2, на которой расположено шесть щеткодержателей. Поворот траверсы осуществляется с помощью шестерни 3. Якорь 10 тягового двигателя вращается в роликовых подшипниках 9 тяжелой серии.

От тяговых двигателей опорно-осевого подвешивания, применяемого на грузовых электровозах переменного тока, значительно отличаются по конструкции двигатели АЛ-4442пР опорно-рамного подвешивания, устанавливаемые на пассажирском электровозе ЧС4^т. Втулки якоря и коллектора у этого двигателя (рис. 63) представляют собой пустотелый цилиндр со сравнительно большим центральным отверстием, внутри которого проходит карданный вал, соединяющий двигатель с шестерней редуктора. Такая зубчатая передача выполняется только односторонней (см. с....).

В остальном двигатель принципиально ничем не отличается от коллекторных машин постоянного тока: он шестиполусный, с последовательным возбуждением, имеет дополнительные полюсы, но у него нет компенсационной обмотки.

В табл. 2 приведены основные технические данные тяговых двигателей, установленных на электровозах переменного тока основных серий, находящихся в эксплуатации на железных дорогах СССР.

Развитие отечественного тягового электромашиностроения идет в направлении повышения мощности электровозов, что способствует повышению провозной способности электрифицированных железных дорог.

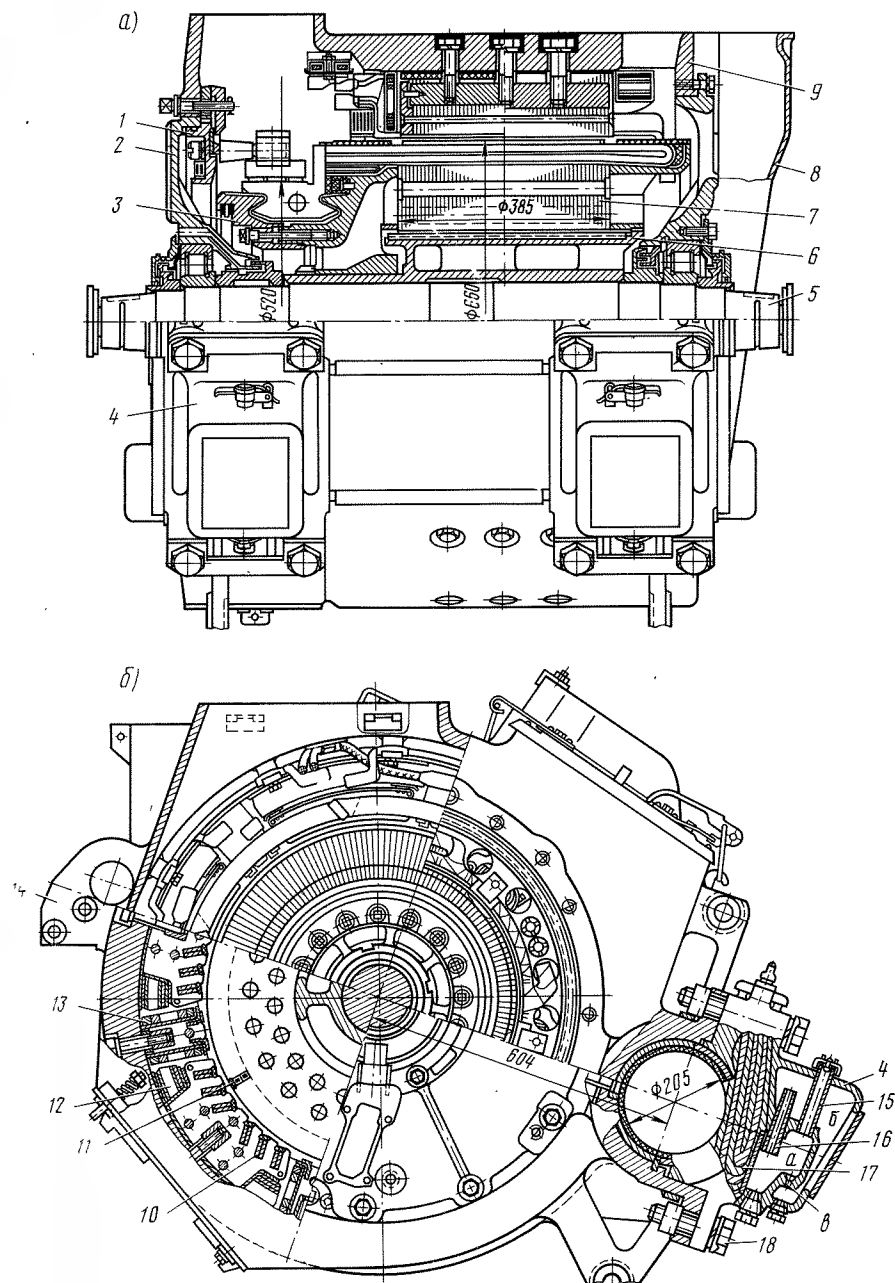


Рис. 61. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы тягового двигателя НБ-418К6

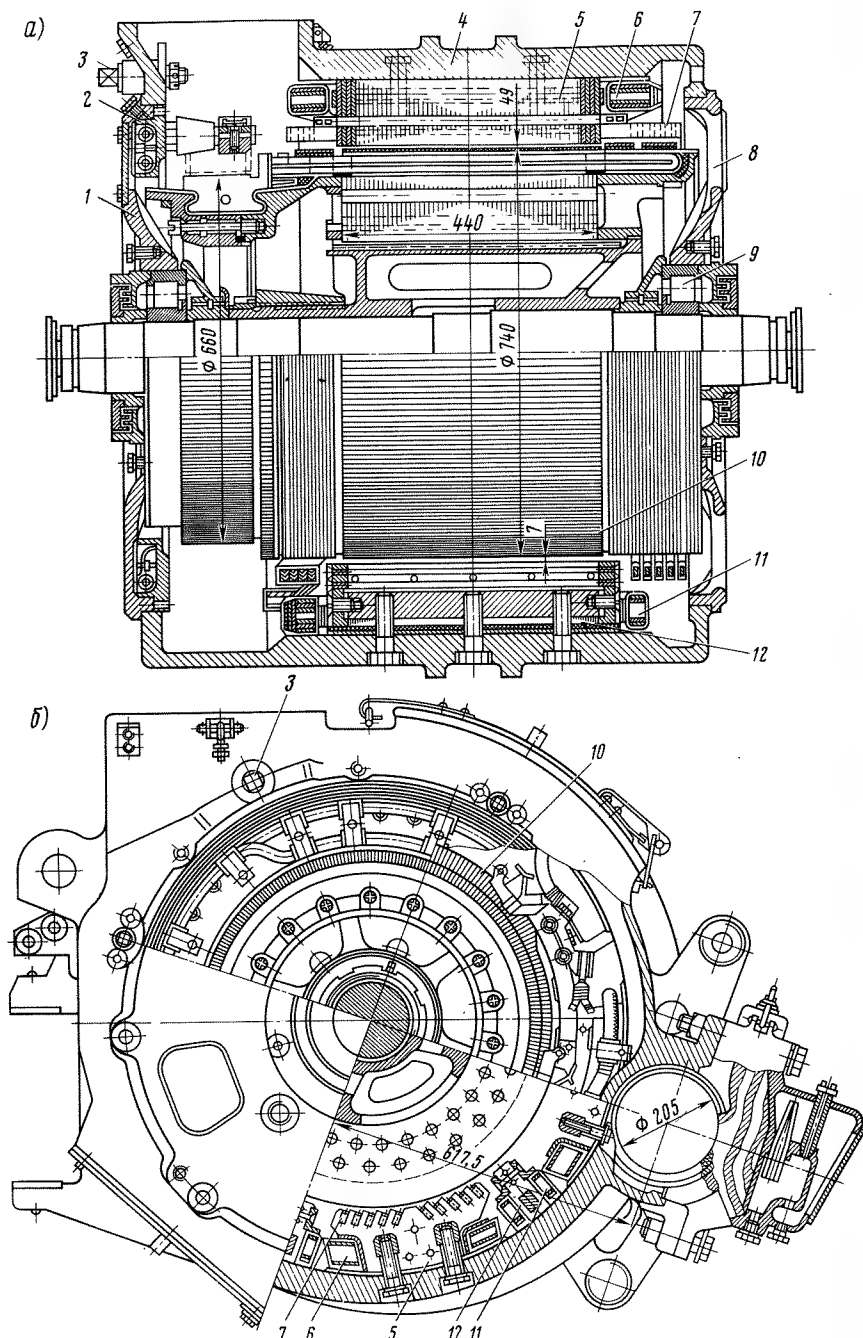


Рис. 62. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы тягового двигателя HB-412K

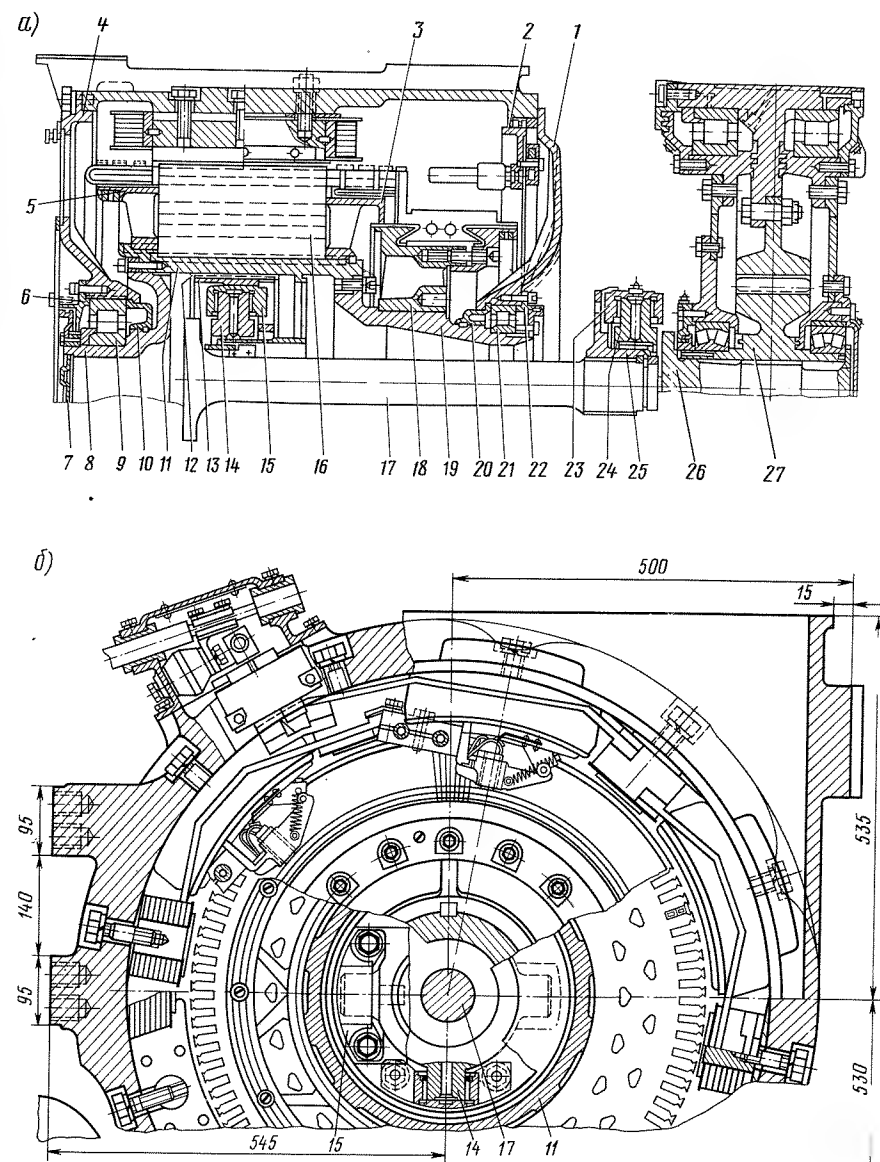


Рис. 63. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы тягового двигателя AL-442nR

Остовы тяговых двигателей литые, неразъемные. Ту часть остова, которая является магнитопроводом, как правило, выполняют утолщенной. В качестве примера рассмотрим конструкцию литого цилиндрической формы остова тягового двигателя НБ-418К6 (см. рис. 61). Со стороны коллекторной камеры в остоле 9 имеется раструб, через который входит воздух, и два смотровых люка: один в верхней, а другой в нижней части против коллектора. Через эти люки производят осмотр коллектора и щеточного аппарата, осуществляют уход за ними в эксплуатации.

Люки плотно закрыты крышками. Крышка верхнего люка имеет пружинный замок, с помощью которого она плотно прижата к остоле, а крышка нижнего люка — болтовое крепление. Для лучшего уплотнения между крышками люков и остоле установлены войлочные прокладки. С наружной стороны остола сделаны приливы, к которым крепят шапки моторно-осевых подшипников, кронштейны для кожухов зубчатой передачи и упругой подвески двигателя к раме тележки. На случай поломки упругой подвески на остоле предусмотрены предохранительные приливы 14. На наружной стороне расположена коробка выводов. Остов имеет приливы с отверстиями, в которые вставляют крюк крана при подъеме остола.

Внутреннюю поверхность остола растачивают для установки полюсов. К остоле тремя болтами крепят каждый из шести главных и шести дополнительных полюсов, а также поворотную траверсу 1 с шестью щеткодержателями и щиты 2 с роликовыми подшипниками, в которых вращается якорь. Главные полюсы, которые создают основной магнитный поток, состоят из сердечника и катушки 12, на них также расположена компенсационная обмотка 10. Дополнительные полюсы, создающие магнитный поток в зоне коммутации, состоят из сердечника и катушки 13.

Сердечник главного полюса (рис. 64, а) выполнен шихтованным. Он собран из стальных штампованных листов 4 электротехнической стали толщиной 0,5 мм; крайние листы 3 имеют толщину 1,5 мм. Такой пакет собирают на пяти стержнях-заклепках 2, которые после сборки расклепывают по торцам под прессом. В сердечниках полюсов со стороны якоря при штамповке вырублено шесть пазов 1: в них укладывают компенсационную обмотку. В средней части полюса имеется окно для стержня 5. Стержень запрессовывают в сердечник полюса. В стержне имеются отверстия с резьбой под болты, которыми полюс крепят к остоле.

Сердечник добавочного полюса (рис. 64, б) шихтованный. Он собран из стальных листов 6 толщиной 0,5 мм, покрытых с обеих сторон изоляционным лаком, и боковин 8. Сердечник насаживают на центральный стержень 7 прямоугольной формы и после опрессовки скрепляют стержнем-заклепкой 9. К остоле сердечник прикрепляют болтами диаметром 20 мм.

При переходных процессах, т. е. тогда, когда в цепи изменяется ток и магнитный поток машины, а также при кратковременном прекращении и затем восстановлении напряжения на зажимах тягового двигателя необходимо, чтобы магнитные потоки в якоря и добавочных полюсах изменялись одновременно. Для этого сердечник

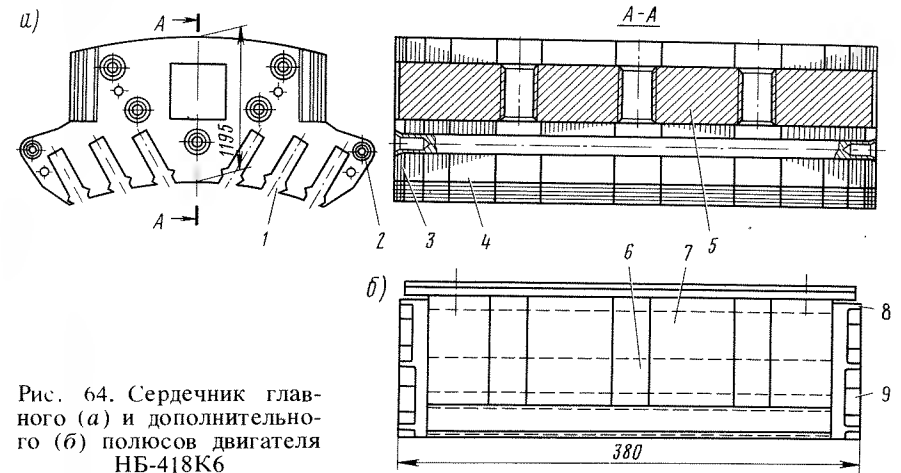


Рис. 64. Сердечник главного (а) и дополнительного (б) полюсов двигателя НБ-418К6

добавочного полюса собирают из листов той же стали, что и сердечник якоря. Если же сердечник сделать сплошным, то возникающие в нем вихревые токи будут задерживать изменение магнитного потока, действующего в зоне коммутации, который будет отставать от магнитного потока якоря, т. е. ухудшатся условия коммутации двигателя.

Кроме того, для улучшения коммутации зазор под добавочным полюсом делают больше, чем под главным. Этим предупреждают возможное насыщение магнитной цепи добавочного полюса. Чтобы уменьшить рассеяние добавочных полюсов, зазор под ними делят на два: между якорем и наконечником полюса и между сердечником полюса и остоле. Для этого в остоле устанавливают прокладки из немагнитного материала.

Катушки главного полюса (рис. 65, а) имеют 11 витков из полосовой меди сечением $4 \times 65 \text{ мм}^2$, намотанных на ребро. Катушки главных полюсов изогнуты по форме (цилиндрическая) остола. Катушки дополнительных полюсов (рис. 65, б) выполнены из полосовой меди $12,5 \times 12,5 \text{ мм}^2$, имеют восемь витков. Изоляция катушек главных и дополнительных полюсов одинакова и состоит из асбестовой бумаги толщиной 0,3 мм, проложенной между витками, и стекломикаленты толщиной 0,13 мм, уложенной в пять слоев в полуперекрышу на поверхности катушек. В качестве покровной изоляции применена лента стеклянная электроизоляционная толщиной 0,2 мм, намотанная одним слоем в полуперекрышу. Выводные концы катушек припаяны меднофосфористым припоем.

Катушка компенсационной обмотки (рис. 65, в) намотана из шинной меди прямоугольного сечения $4,4 \times 35 \text{ мм}^2$. Катушку укладывают в открытые пазы полюсных сердечников со стороны якоря: в каждый паз по два проводника, изолированных одним слоем микаленты толщиной 0,1 мм в полуперекрышу. Корпусная изоляция катушки состоит из четырех слоев той же микаленты, положенной также в полуперекрышу, и одного слоя изоляционной ленты толщиной 0,1 мм. После укладки катушек пазы закрывают клиньями из

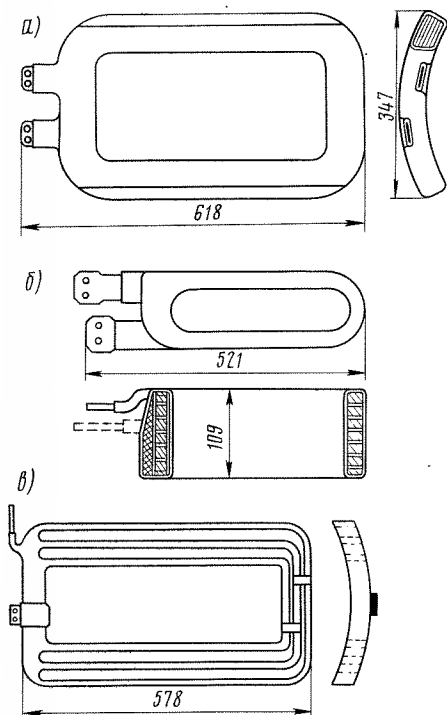


Рис. 65. Катушки: главного (а) и дополнительного (б) полюсов, компенсационная (в) двигателя НБ-418К6

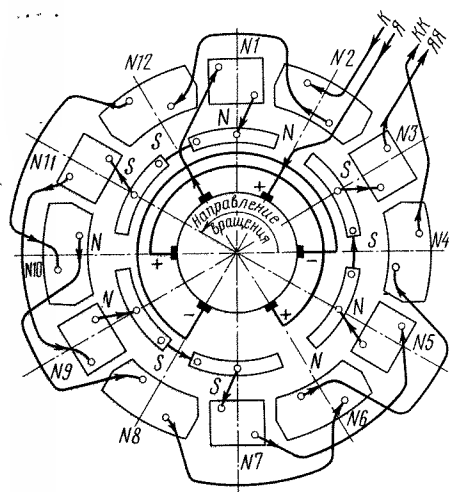


Рис. 66. Схема соединения катушек и 74 якоря двигателя НБ-418К6

текстолита. Последнее время катушки компенсационной обмотки выполняют на стеклослюдиновой изоляции.

Катушки главных и добавочных полюсов, а также компенсационной обмотки соединяют межкатушечными соединениями в соответствии со схемой рис. 66. Через отверстия в остовах катушек главных полюсов К-КК и якоря Я-ЯЯ выводят в коробку, расположенную на остовах. Соединения внутри коробки выполнены из проводов сечением 95 мм² с одним наколечником на два провода. Провода в коробке укреплены на опорных изоляторах, изготовленных из пластмассы АГ-4В. После монтажа силовых кабелей коробку выводов закрывают крышкой из пластмассы с резиновыми уплотнениями.

Аналогично устроены полюсы других тяговых двигателей. Они отличаются только размерами сердечников полюсов, сечением катушек, числом их витков и электрической прочностью изоляции, которая зависит от рабочего напряжения.

Вал якоря тягового двигателя вращается в роликовых подшипниках. Обычно подшипники, установленные с обеих сторон вала, выбирают одного типа и одинаковых размеров. Но если принята односторонняя передача вращающего момента от двигателя на ось, то размеры подшипника со стороны шерштерни должны быть больше, чем у подшипника с противоположной стороны. На всех электровозах отечественного производства применяют двустороннюю передачу. В двигателях НБ-418К6 в качестве якорных применены радиальные подшипники средней серии с цилиндрическими роликами.

Якорные подшипники устанавливают в специальных подшипниковых щитах (рис. 67), которые запрессованы с натягом, равным $0,07 \div 0,15$ мм, в остов двигателя и прикреплены к нему двенадцатью болтами с пружинными шайбами. Через подшипниковые щиты на остов передаются усилия от веса якоря и силы, возникающие в режиме тяги. По форме подшипниковый щит 1 напоминает шайбу, в центральном отверстии его монтируют подшипник 2. Наружное кольцо подшипника запрессовано в подшипниковый щит, а внутреннее — напрессовано на вал якоря. Щит, расположенный со стороны коллектора, обычно имеет люк для осмотра креплений кабельных перемычек. В подшипниковом щите со стороны, противоположной коллектору, нет окон, и весь вентилирующий воздух из двигателя выходит вверх, под кузов электровоза, для чего предусмотрен специальный люк 8 (см. рис. 61), образуемый отливкой 5 (см. рис. 67), с сечением, расширяющимся кверху, как это показано (в другой проекции) на узле А. Отливка 5 присоединена к подшипниковому щиту.

Роликовые подшипники заполняют консистентной смазкой ЖРО. Уплотнения предупреждают утечку смазки из камер. В подшипниковый щит 1 после запрессовки подшипника 2 запрессовывают крышку 6, на внутренней поверхности которой проточены канавки. На упорную втулку вала якоря напрессовано кольцо 7, которое вместе с крышкой образует лабиринтно-щелевое уплотнение. С внутренней стороны уплотнения образуют крышка 3 и втулка 4.

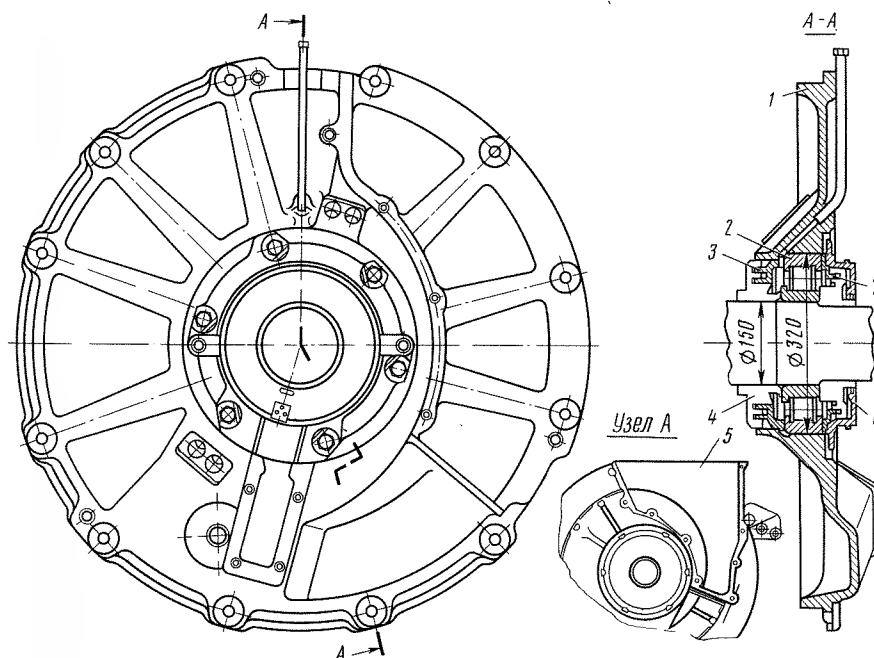


Рис. 67. Щит подшипниковый двигателя НБ-418К6

На электровозах с опорно-осевым подвешиванием тяговый двигатель с одной стороны приливами или специальными кронштейнами опирается с помощью траверсы или люльечного устройства на поперечную балку рамы тележки, а с другой — на моторно-осевых подшипниках (см. рис. 61) установлен непосредственно на ось колесной пары. Моторно-осевые подшипники состоят из шапки 4 с устройствами для смазки подшипников с помощью пряжи 17. Шапка прикреплена к приливам остова болтами 18. Вкладыши из латунного литья заливают баббитом марки Б-16 толщиной 3 мм.

Устройство, применяемое для смазки моторно-осевых подшипников, поддерживает в них постоянный уровень смазки. В шапке имеются две сообщающиеся камеры *а* и *б*. В масло камеры *а* погружена пряжа. Камера *б*, заполненная маслом, нормально не сообщается с атмосферой. Если масло в камере *а* опустится ниже конца трубки 16, то воздух пройдет через эту трубку в камеру *б* и масло из нее через отверстие *в* перетечет в камеру *а*. В результате уровень масла в камере *а* повысится и закроет нижний конец трубки 16. После этого камера *б* опять будет разобщена с атмосферой и перетекание масла из нее в камеру *а* прекратится. Для надежной работы этого устройства необходимо обеспечить герметичность камеры *б* в нормальных условиях.

Уровень масла определяют щупом, вставляемым в трубку 15. На щупе нанесены риски: одна, соответствующая наибольшему уровню масла, и другая — наименьшему. Камеру заправляют маслом по трубке 15 под давлением с помощью специального шланга с наконечником.

Конструкция остовов, подшипниковых щитов, моторно-осевых подшипников у тяговых двигателей различных типов с опорно-осевым подвешиванием примерно одинакова.

§ 22. Якорь и щеточное устройство

Якорь тягового двигателя состоит из сердечника, обмотки, уложенной в пазы сердечника, нажимных шайб, коллектора, вала и якорной втулки.

Рассмотрим конструкцию и устройство узлов якоря применительно к тяговому двигателю НБ-418К6 (см. рис. 61). Сердечник 7 якоря набирают из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, изолированных друг от друга пленкой лака. Крайние листы выполнены из листа стали толщиной 1 мм, что придает большую жесткость сердечнику. В сердечнике есть два ряда отверстий, образующих вентиляционные каналы для прохода охлаждающего воздуха.

Все детали якоря собраны на втулке 6 коробчатого сечения. Кроме сердечника, на втулку посажены передняя 3 и задняя нажимные шайбы. Задняя шайба отлита из стали и представляет собой два кольца, соединенных ребрами. Внутреннее кольцо является втулкой, а наружное — упором для сердечника и обмоткодержателем.

Передняя нажимная шайба, отлитая из стали, одновременно служит корпусом коллектора.

Вал 5 якоря изготовлен из легированной хромоникелевой стали. Он имеет плавные переходы от одного диаметра к другому. На каждом конце вала есть конус для посадки шестерен, резьба для закрепления шестерни и шпоночная канавка для установки муфты при контрольных испытаниях двигателей на стенде, а также специальные канавки, по которым подается смазка. На вал напрессована втулка якоря. Втулка позволяет заменять вал без разборки всего якоря.

Обмотка якоря 11 — простая петлевая, состоит из 87 катушек, изолированных от корпуса якоря. В качестве обмоточной меди якоря применяется изолированный провод марки ПЭТВСД (П — провод, Э — эмалированный, Т — теплостойкий, В — влагостойкий, С — стеклоткань, Д — с двойной оплеткой) прямоугольного сечения $3,53 \times 6,9$ мм². Корпусная изоляция катушки состоит из четырех слоев стеклослюдинитовой ленты марки ЛСІК-110 на полиэфирно-эпоксидном компаунде (К-110) толщиной 0,11 мм, наложенной в полуперекрышу, одного слоя фторопластовой ленты толщиной 0,03 мм и одного слоя намотанной встык стеклоленты толщиной 0,1 мм.

Уравнительная обмотка из 58 секционных уравнителей также изготовлена из изолированного медного провода марки ПЭТВСД сечением $1,68 \times 4,7$ мм². Каждая секция, состоящая из трех уравнителей, изолирована одним слоем стеклоленты толщиной 0,1 мм, наложенной в полуперекрышу.

Концы катушек обмотки 1 якоря жестко впаяны серебряным припоем в петушки коллектора 3, а секции уравнительной обмотки 2 — в каждую вторую пластину коллектора (рис. 68). Обмотка якоря имеет следующие параметры: шаг обмотки по пазам равен 15, шаг обмотки по коллектору — 1, шаг уравнителей по коллектору — 117. Уравнители уложены в передней лобовой части якоря под катушками. В пазах сердечника обмотка якоря укреплена текстолитовыми клиньями, а лобовые части ее крепят стеклобандажами. После того как обмотка уложена и укреплена, концы секции и уравнительных соединений впаяют в петушки коллекторных пластин. Затем якорь с обмоткой дважды пропитывают в изоляционном терморезистивном лаке.

Коллектор тягового двигателя предназначен для изменения направления тока в проводниках якоря при переходе их через нейтраль под главный полюс другой полярности. Коллектор набран из 348 пластин, из-

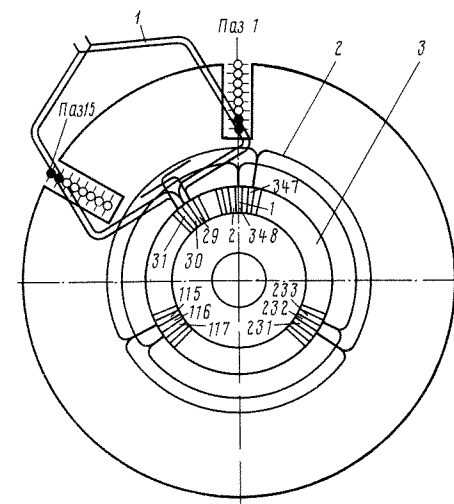


Рис. 68. Схема соединения катушек якоря и уравнителей с коллекторными пластинами тягового двигателя НБ-418К6 (вид со стороны коллектора)

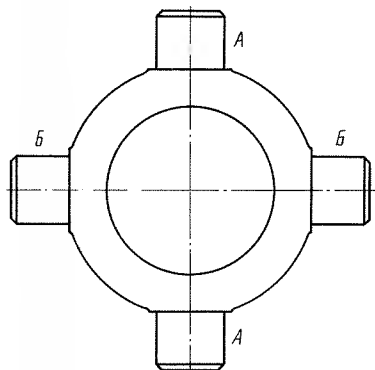


Рис. 69. Крестовина кулачковой муфты

готовленных из легированной меди с присадкой серебра. Пластины имеют форму «ласточкина» хвоста и изолированы друг от друга миканитовыми прокладками. Чтобы уменьшить массу медных пластин, в средней части каждой из них вырубают отверстие, а петушки иногда выполняют приставными; тогда их припаивают медно-фосфористым припоем. Для изоляции коллектора от нажимного конуса и корпуса установлены манжеты и цилиндр из миканита.

Кольцо, собранное из медных и изоляционных пластин, предварительно многократно спрессовывают в специальном приспособлении при температуре 170—180° С, затем насаживают

на корпус коллектора, надевают изолированные манжеты и зажимают между конусом и втулкой усилием 1100 кН, после чего стягивают болтами. Окончательную обточку коллектора и отделку якоря производят после сушки и пропитки якоря в лаке. При отделке коллектора выполняют продорожку на глубину 1,2—1,5 мм, торцы пластин обрабатывают и закругляют, а по длине их снимают фаски размером 0,25 мм. Рабочую поверхность коллектора шлифуют.

Якоря отечественных тяговых двигателей других типов имеют те же основные узлы, что и якорь двигателя НБ-418К6, но иное конструктивное выполнение некоторых узлов.

Якорь двигателя АЛ-4442пР (см. рис. 63) пассажирского электровоза ЧС4 по конструкции резко отличается от якорей двигателей с опорно-осевым подвешиванием, что объясняется различием систем передач вращающего момента. Втулка 11 якоря представляет собой пустотелый цилиндр, к концам которого присоединены втулки 8 и 19, тоже пустотелые. На втулку 11 напрессовывают сердечник якоря 16 и нажимные шайбы 3 и 5, на втулку 19—корпус коллектора 18, внутреннее кольцо подшипника 21 и лабиринтное уплотнение 20, а на втулку 8—внутреннее кольцо подшипника 9 и лабиринтные уплотнения 10. Наружные кольца подшипников и лабиринтных уплотнений запрессованы в подшипниковые щиты 4 и 1; в последнем имеется траверса 2. Снаружи роликовые подшипники закрыты крышками 6 и 22, а внутренняя полость втулки 8—крышкой 7 с уплотнениями.

Внутри втулки 11 находится карданный вал 17 и кулачковая муфта, которой производится передача вращающего момента от якоря к карданному валу. На наружной поверхности цилиндра 13 кулачковой муфты сделано 12 шлицевых вырезов вдоль образующей цилиндра, в которые входит столько же пластин 12, жестко прикрепленных к внутренней поверхности втулки якоря.

На цилиндр 13 насажены два подшипника 15, расположенных по диагонали, в которые входят пальцы АА (рис. 69) крестовины 14 (см. рис. 63) кулачковой муфты. Пальцы ББ той же крестовины входят в такие же подшипники 15, но уже расположенные (также по

диагонали) на поводке карданного вала 17. Таким образом, крестовина 14 кулачковой муфты приводит во вращение (от якоря) карданный вал.

Вращающий момент от карданного вала на малую шестерню передается через такую же кулачковую муфту, которая, однако, размещена вне тягового двигателя. Два поводка (рис. 70 и 63)—один 25 на конце карданного вала 17, а другой 26, прикрепленный к малой шестерне 27,—расположены друг относительно друга под прямым углом таким образом, что пальцы АА крестовины 24 входят в подшипники 23 поводка 25 карданного вала, а пальцы ББ той же крестовины 24—в подшипники поводка 26 малой шестерни. В этом случае вращение карданного вала передается малой шестерне также через крестовину кулачковой муфты. Такая система передачи вращающего момента двигателя допускает возможность некоторого перемещения колесной пары относительно рамы тележки, на которой укреплен тяговый двигатель.

Электрощетки осуществляют скользящий контакт между неподвижными электрическими цепями и вращающейся обмоткой якоря. Щетки представляют собой прямоугольные угольно-графитные призмы с поверхностью, притшлифованной к коллектору (для более плотного контакта). Чем больше ток, на который рассчитан двигатель, тем больше сечение его токоведущих частей, в том числе и щеток. В двигателях используют разрезные щетки, обеспечивающие по сравнению с неразрезными лучшие условия коммутации, более равномерное распределение тока по сечению щетки и улучшение скользящего контакта.

Электрощетки (рис. 71) двигателя НБ-412К состоят из двух частей 1 и 2, резинового амортизатора 4, гибких проводников 5 и кабельного наконечника 6. Проводники 5 заделывают в тело щетки способом конопатки медным порошком 3 для того, чтобы переходное падение напряжения между телом щетки и проводом не превышало установленного значения 50 мВ. Чтобы обеспечить механическую прочность заделки проводников в щетке, место выхода их заливают эпоксидной смолой.

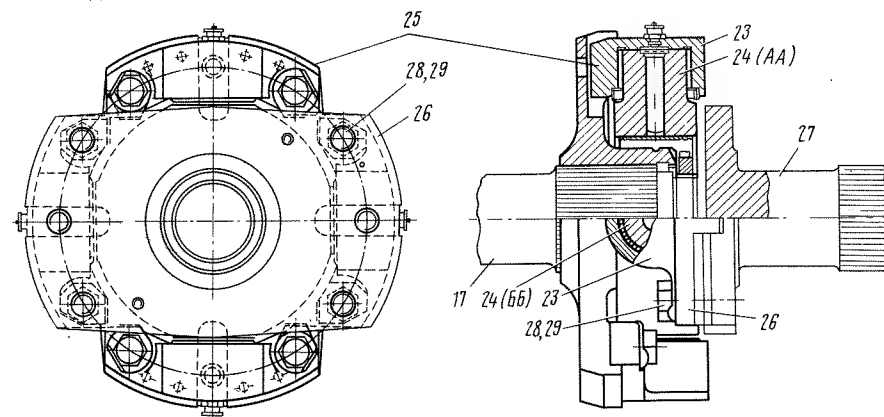


Рис. 70. Кулачковая муфта соединения карданного вала с шестерней

Для каждого двигателя завод-изготовитель выбирает щетки соответствующей марки (определенный химический состав, способ приготовления и физические свойства). При замене изношенных необходимо применять щетки, марка которых соответствует указанной на чертеже.

Щетки вставляют в специальные гнезда корпуса **щеткодержателя**. Рассмотрим щеткодержатель (рис. 72) двигателя НБ-418К6. Корпус 1 щеткодержателя, изготовленный из латуни литьем под давлением, имеет три сквозных окна, в каждое из которых помещена разрезная щетка 2. Нажатие на каждую щетку осуществляется раздельно пружинными пальцами 7. Под воздействием цилиндрической пружины 3 нажатие практически сохраняется постоянным независимо от износа щетки. Пружина работает на растяжение и закреплена одним концом на оси 5 в корпусе щеткодержателя, а другим — на оси нажимного пальца 6 винтом 4.

Давление нажимного пальца должно быть строго определенным. При большем давлении недопустимо увеличится износ щеток и нагрев коллектора, а при меньшем ухудшится контакт между щеткой и коллектором, что может привести к усиленному искрению, а иногда к перебросам и круговому огню. Давление можно регулировать винтом 4. Если щетка достигает предельного минимального размера, давление от пальца на нее прекращается, и тем самым поверхность коллектора предохраняется от повреждения.

Между щетками и окном щеткодержателя предусмотрен небольшой зазор в пределах 0,3 мм по ширине и 0,6 мм по длине щетки, что обеспечивает свободное перемещение их по высоте. На тыльной стороне щеткодержателя для надежного крепления его к кронштейну сделана гребенка, которая позволяет выбрать и зафиксировать

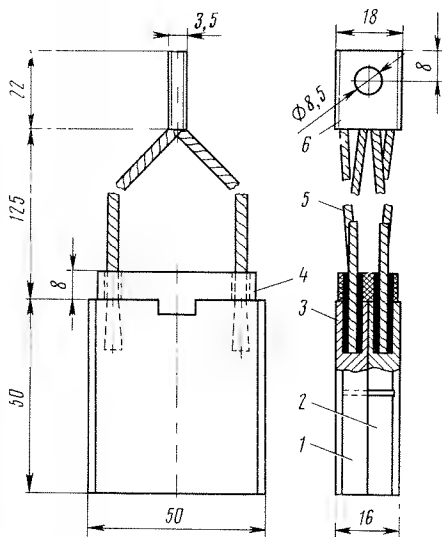


Рис. 71. Электрощетка двигателя НБ-412К

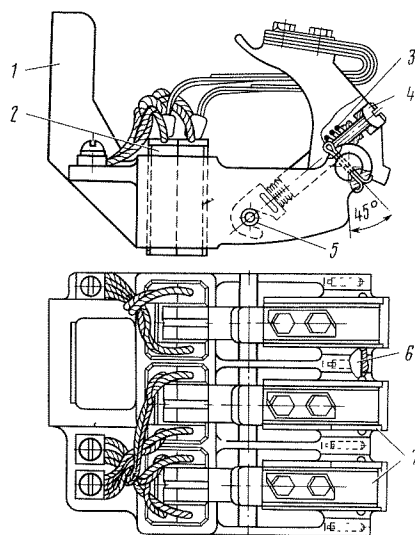


Рис. 72. Щеткодержатель двигателя НБ-418К6

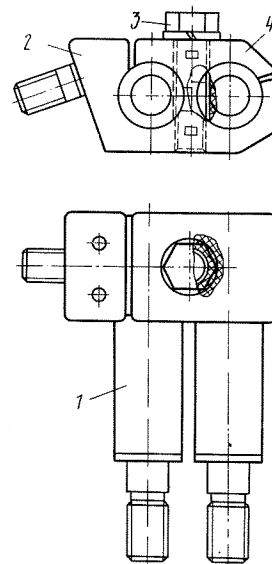


Рис. 73. Кронштейн щеткодержателя двигателя НБ-418К6

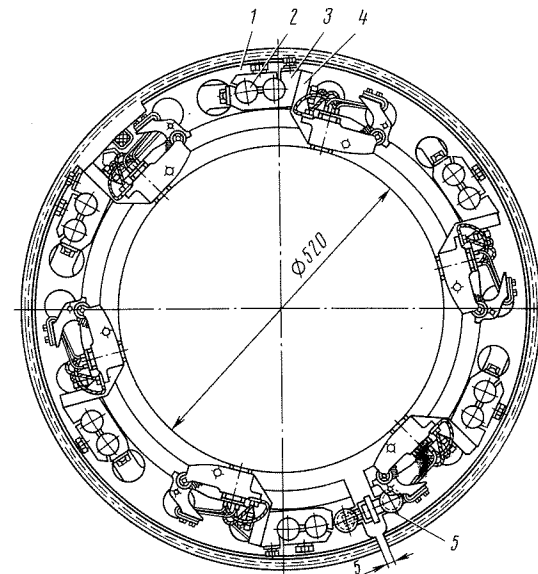


Рис. 74. Траверса тягового двигателя НБ-418К6

определенное положение щеткодержателя относительно коллектора. Между нижней кромкой корпуса щеткодержателя и рабочей поверхностью коллектора должен быть зазор в свету не менее 2 мм и не более 4 мм.

Щеткодержатели крепят к кронштейнам (рис. 73), которые посажены на специальные пальцы 1, представляющие собой шпильки, опрессованные пластмассой АГ-4. Такие пальцы имеют блестящую гладкую поверхность светло-коричневого цвета. Один конец пальца ввинчивают в траверсу, а на другой насаживают кронштейн. Пальцы, а значит, и кронштейн изолированы от траверсы. Кронштейн состоит из корпуса 2 и накладки 4, которые укреплены на пальцах болтом 3. На лобовой стороне кронштейна имеется гребенка, соответствующая гребенке на щеткодержателе, и шпилька, на которую насажен щеткодержатель.

Тяговые двигатели электровозов переменного тока обычно шестиполусные, поэтому имеют соответственно по шесть щеткодержателей и кронштейнов. Чтобы удобнее было осматривать щеткодержатели через коллекторный люк, их крепят на траверсе, которую можно поворачивать во время осмотра. Траверсы позволяют производить осмотр и смену электрощеток.

Траверса (рис. 74) выполнена в виде разрезного кольца 1 швеллерного сечения. Наружный обод этого кольца представляет собой зубчатый венец, который находится в зацеплении с шестерней поворотного механизма, расположенной на остоле тягового двигателя. Шестерней осуществляется поворот траверсы. На траверсе имеются резьбовые отверстия, в которых крепят пальцы 2 крон-

штейна 3. Кронштейны одноименных полюсов присоединяют к расположенным на внутреннем ободе траверсы медным шинам, изолированным друг от друга и от корпуса траверсы. Верхние кронштейны щеткодержателей 4 соединяют кабелем с выводами двигателя.

В остове двигателя траверса закреплена фиксатором, установленным против верхнего коллекторного люка, и прижата к подшипниковому щиту двумя стопорными устройствами: одно из них расположено внизу двигателя, а другое — со стороны подвески двигателя к раме тележки. Разжимное устройство 5, расположенное против нижнего коллекторного люка, позволяет изменять размер щели в кольце 1: вращая шпильку, можно обеспечить размер щели не менее 5 мм в рабочем положении и не более 2 мм, когда требуется повернуть траверсу для осмотра щеткодержателей и смены электрощеток. Проворачивать траверсу допускается только до места, где кольцо имеет разрез.

После окончания осмотра щеткодержателя траверсу устанавливают в рабочее положение: должны совпадать риски, нанесенные на ней и на остова. Затем закрепляют кабели, разжимают траверсу, крепят фиксаторы и стопорные устройства. Особое внимание следует обращать на точность установки и надежность крепления траверсы.

Выше была рассмотрена конструкция тягового двигателя НБ-418К6 для восьмиосных электровозов переменного тока, обладающего рядом существенных достоинств. Эти двигатели устанавливают на всех электровозах ВЛ80^т и ВЛ80^к, начиная с № 280. Однако ему предшествовало несколько модификаций. Так, двигатели НБ-418К1, НБ-418К2, НБ-418К4, установленные более чем на двухстах электровозах ВЛ80^к (до № 279), не имели коробки выводов, а выход охлаждающего воздуха на них осуществлялся через вентиляционные отверстия в подшипниковом щите. Модификации незначительно различаются по конструкции уплотнений подшипниковых узлов. Изоляция якоря и компенсационных обмоток на двигателях всех исполнений класса В, а обмоток катушек главных и дополнительных полюсов — классов Н и К.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВЗОВ

§ 23. Общие сведения

Из теории тяги известно, что если сила тяги локомотива равна силе сопротивления движению поезда, то движение его равномерное, скорость не меняется. Для того чтобы повысить скорость, необходимо увеличить силу тяги локомотива. Разностью между силой тяги и силой сопротивления движению определяется ускорение поезда, т. е. темп увеличения скорости. Одновременно с увеличением скорости увеличивается сопротивление движению и в соответствии с характеристиками электровоза уменьшается сила тяги.

Скорость увеличивается до тех пор, пока сопротивление движению не станет равным силе тяги. После этого движение опять будет равномерным, но уже при большей скорости. Аналогичные зависимости имеют место и в режиме электрического торможения. Таким образом, на локомотиве можно регулировать силу тяги (не скорость!). Скорость же меняется не сразу, а в течение определенного времени в зависимости от разницы силы тяги и силы сопротивления движению, а также от массы поезда.

Сила тяги локомотива F пропорциональна вращающему моменту тяговых двигателей, который в свою очередь пропорционален магнитному потоку двигателя Φ и току якоря I . Поэтому с достаточной степенью точности можно записать

$$F = C_1 \Phi I, \quad (1)$$

где C_1 — коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции двигателя и способа передачи вращающего момента на колесную пару локомотива.

Из выражения (1) видно, что для увеличения силы тяги F нужно увеличить либо Φ , либо I . Тяговые двигатели электровозов, как правило, имеют последовательную обмотку возбуждения, через которую протекает ток якоря. Поэтому при увеличении тока якоря одновременно возрастает и магнитный поток. Следовательно, сила тяги увеличивается вследствие возрастания обоих параметров.

Скорость движения электровоза пропорциональна частоте вращения n якоря тягового двигателя, которая зависит от напряжения U на зажимах двигателя, магнитного потока Φ и тока якоря I :

$$n = \frac{U - IR}{C_2 \Phi}, \quad (2)$$

где R — суммарное омическое сопротивление обмоток двигателя;
 C_2 — коэффициент, определяемый конструкцией двигателя.

Поскольку сопротивление R очень мало (сотые доли ома), то и произведение IR также мало. Оно во много раз меньше напряжения

U , и для выявления основных зависимостей им можно пренебречь. Тогда получим более простую зависимость

$$n \approx U / (C_2 \Phi). \quad (3)$$

Из выражения (3) видно, что частота вращения якоря приблизительно прямо пропорциональна напряжению, подводимому к тяговому двигателю, и обратно пропорциональна магнитному потоку. Это следует понимать так: при одном и том же магнитном потоке или одном и том же токе тягового двигателя чем больше напряжение на зажимах двигателя, тем больше скорость движения.

Таким образом, из выражения (3) следует, что значением напряжения определяется скорость движения, а из выражения (1)—что значением тока (и магнитного потока) определяется сила тяги электровоза независимо от напряжения и скорости движения.

Чтобы лучше представить физический смысл этих зависимостей, рассмотрим случай движения поезда по затяжному подъему. В установившемся режиме на какой-то ступени q при напряжении на тяговых двигателях протекает ток I_q и движение происходит с неизменной скоростью v_q . Если машинист решил увеличить скорость, он с помощью контроллера осуществит переход на более высокую ступень p , при которой напряжение станет U_p . Сразу же после перехода ток и магнитный поток в двигателях увеличатся, соответственно возрастет сила тяги, что приведет к ускорению движения. По мере увеличения скорости ток и магнитный поток тяговых двигателей и соответственно сила тяги уменьшаются. Увеличение скорости и уменьшение силы тяги происходят до тех пор, пока сила тяги не станет равной сопротивлению движению (изменением которого для упрощения рассуждения можно пренебречь), т. е. пока уменьшающийся ток не станет равным току I_q на предыдущей ступени регулирования q . После этого поезд будет двигаться опять с неизменной, но теперь уже с большей скоростью, пропорциональной возросшему напряжению, т. е. $v_p \approx v_q U_p / U_q$.

Из изложенного следует, что возможны два способа регулирования работы тяговых двигателей и соответственно электровоза: первый способ—регулирование подводимого к двигателям напряжения, второй—регулирование магнитного потока главных полюсов путем изменения тока обмоток возбуждения при неизменном подведенном напряжении. На электровозах как постоянного, так и переменного тока используют оба способа. При трогании с места и во время разгона повышают напряжение на тяговых двигателях, чем обеспечивается увеличение скорости. После того как достигается номинальное напряжение и его дальнейшее увеличение недопустимо, используют второй способ—регулируют магнитный поток путем изменения тока возбуждения.

Регулирование напряжения на электровозах переменного тока осуществляют изменением либо коэффициента трансформации трансформатора, либо выпрямленного напряжения с помощью управляемых вентилей, или применяют комбинированный способ, сочетающий и изменение коэффициента трансформации, и регулирование управляемыми вентилями.

Как известно, коэффициентом трансформации называется отношение числа витков первичной обмотки трансформатора к числу

витков вторичной. Для того чтобы можно было получить различные коэффициенты трансформации, одну из обмоток секционируют, т. е. делают от нее несколько отпайек с выводами. При регулировании цепь тяговых двигателей переключают с одной отпайки на другую в зависимости от выбираемого машинистом режима.

Секционированной может быть выполнена как первичная, так и вторичная обмотка трансформатора. В первом случае операции переключения происходят при сравнительно высоких напряжениях и небольших токах, а во втором—при сравнительно небольших напряжениях, но с большими токами.

При использовании управляемых вентилей регулирование напряжения не сопровождается образованием дуги (следовательно, отсутствует аппаратура с дугогашением) и может быть осуществлено плавное бесступенчатое регулирование напряжения в процессе разгона и реостатного торможения электровоза, что улучшает его тяговые свойства.

§ 24. Регулирование напряжения изменением коэффициента трансформации

Известно, что чем больше напряжение вторичной обмотки трансформатора U_2 (рис. 75), тем больше выпрямленное напряжение U_b (напряжение на двигателях). Ориентировочно можно принять, что $U_b = (0,8 \div 0,9) U_2$.

Напряжение U_2 можно определить, разделив первичное напряжение U_1 на коэффициент трансформации k_T , равный отношению числа витков первичной w_1 и вторичной w_2 обмоток:

$$U_2 = \frac{U_1}{k_T} = \frac{U_1}{w_1} w_2. \quad (4)$$

Таким образом,

$$U_b = (0,8 \div 0,9) \frac{U_1}{k_T} = (0,8 \div 0,9) \frac{U_1}{w_1} w_2. \quad (5)$$

Зависимость (5) показывает, что напряжение на тяговых двигателях можно регулировать, изменяя либо первичное напряжение U_1 , подводимое к трансформатору, либо его коэффициент трансформации k_T . Первое используют на пассажирских электровозах ЧС4, второе—на отечественных электровозах.

Рассмотрим простейший трансформатор с отпайками на вторичной стороне (см. рис. 75). На каждый виток первичной обмотки приходится напряжение U_1/w_1 . Такое же напряжение будет приходиться и на каждый виток вторичной обмотки трансформатора. Чем больше число витков, соответствующее отпайке к которой подключена нагрузка (в данном случае выпрямительная установка с двигателем), тем больше напряжение на ней. Когда нагрузка подключена к отпайкам 0 и 3, напряжение на ней

$$U_{03} = \frac{U_1}{w_1} (w + w + w).$$

где w —число витков в каждой секции.

Чтобы увеличить напряжение на нагрузке, нужно переключить ее с отпайки 3 на отпайку 4, как показано штриховой линией. Тогда напряжение увеличится до $U_{04} = \frac{U_1}{\omega_1} (w + w + w + w)$.

Первичная и вторичная обмотки трансформатора могут быть совмещены в одну так, как показано на рис. 76. При этом трансформатор превращается в автотрансформатор. Все зависимости, отмеченные выше, верны и для автотрансформатора.

Для увеличения или уменьшения напряжения на нагрузке (это может быть и резистор, и тяговые двигатели, и трансформатор) ее нужно подключать соответственно к большему или меньшему числу витков, т. е. производить переключение цепи питания с одной отпайки на другую.

Переключение цепи нагрузки с одной отпайки на другую должно происходить без перерыва питания тяговых двигателей, поскольку перерывы питания сопровождались бы прекращением тяги, толчками и подергиваниями электровоза. Если же, не отключая цепи питания от одной отпайки, например 3 (см. рис. 75 и 76), попытаться подключить нагрузку к другой, например 4 (чтобы потом отключить ее от отпайки 3), то секция вторичной обмотки 3-4 окажется коротко замкнутой, что недопустимо даже кратковременно.

Поэтому переключение питания нагрузки с одной отпайки на другую производят, используя переходные реакторы или переходные резисторы, которые при одновременном подключении нагрузки к двум отпайкам, ограничивая ток в замкнутой секции, не допускают короткого замыкания. Процесс переключения происходит в два этапа. Рассмотрим в качестве примера переход с отпайки 3 на отпайку 4 (рис. 77).

В исходном положении оба вывода переходного реактора подключены к одной отпайке 3 (рис. 77, а). Напряжение на нагрузке равно напряжению трех секций 0—3. Ток нагрузки делится между полуобмотками реактора поровну и направлен в них встречно, поэтому результирующий магнитный поток и индуктивность реактора равны нулю. Следовательно, наличие переходного реактора в силовой цепи в то время, когда он обоими выводами подключен к одной отпайке, не сказывается на режиме питания нагрузки.

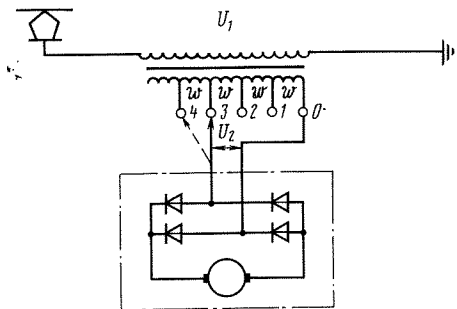


Рис. 75. Схема трансформатора с секционированной обмоткой

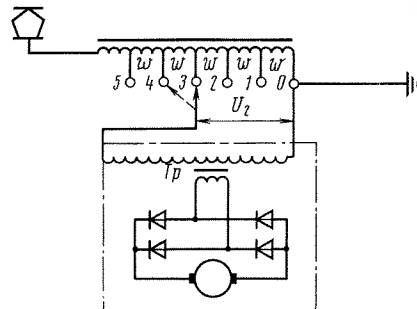


Рис. 76. Схема автотрансформатора с секционированной обмоткой

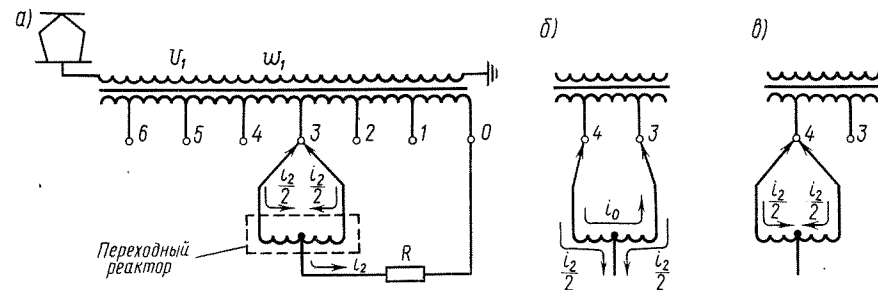


Рис. 77. Схемы включения переходного реактора

На первом этапе переключения один вывод переходного реактора отсоединяется от отпайки 3 и подсоединяется к отпайке 4, а другой остается присоединенным к отпайке 3 (рис. 77, б). При этом напряжение на нагрузке возрастает; оно станет равным среднему напряжению между напряжениями трех и четырех секций, т. е. напряжению трех с половиной секций. Через переходный реактор, когда он подключен к двум соседним отпайкам, протекает ток, состоящий из тока нагрузки i_2 и тока циркуляции в замкнутой секции i_0 . Ток i_0 ограничен индуктивным сопротивлением переходного реактора: чем оно больше, тем меньше ток.

На втором, завершающем этапе переключения другой вывод обмотки переходного реактора отсоединяется от отпайки 3 и подсоединяется к отпайке 4 (рис. 77, в).

Напряжение на нагрузке становится еще больше: оно равно напряжению четырех секций. Ток в полуобмотках реактора протекает так же, как в случае подключения его к отпайке 3.

§ 25. Регулирование напряжения на вторичной стороне трансформатора

Несмотря на различия схем силовых цепей электровозов ВЛ80^т, ВЛ80^к, ВЛ60^к, способы регулирования режима работы тяговых двигателей у них одинаковы. Имеются конструктивные различия, обусловленные различными параметрами тяговых двигателей.

Вторичная обмотка тяговых трансформаторов этих электровозов состоит из двух одинаковых обмоток, каждая из которых имеет основную несекционированную часть $a1-x1$ (рис. 78) или $a2-x2$ и секционированную 01-1 или 02-5.

Секционированная часть разделена на четыре секции, имеющие одинаковое число витков и, следовательно, одинаковое напряжение. Напряжение несекционированных частей выбрано несколько большим, чем суммарное напряжение четырех секций 01-1 или 02-5. Несекционированные части всегда находятся в работе и выводами $a1$ и $a2$ независимо от ступени регулирования постоянно подключены к выпрямителям. Регулирование сводится к тому, чтобы к несекционированным частям подключить то или иное число секций согласно или встречно.

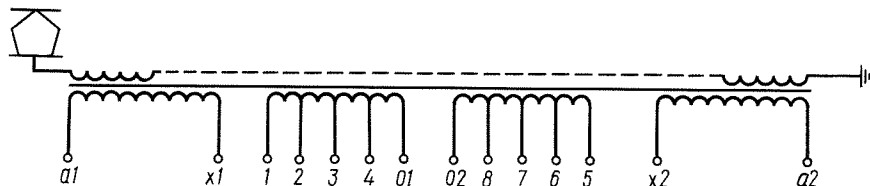


Рис. 78. Схема вторичной обмотки трансформатора электровозов ВЛ80^Т, ВЛ80^К, ВЛ60^К.

На первых ступенях регулирования для получения низких напряжений секционированные части к несекционированным подключаются встречно. В этом случае результирующее напряжение равно разности напряжений обмотки $x1-a1$ (или $x2-a2$) и встречно подключенных секций. Направление тока в обмотках всегда определяется его напряжением в несекционированных частях, так как напряжение в них всегда больше напряжения секций.

По мере разгона поезда для увеличения напряжения число встречно включенных секций уменьшают. На средней (17-й) ступени регулирования секционированные части в работе вообще не участвуют и результирующее напряжение определяется только основными, несекционированными частями обмоток. Для дальнейшего повышения напряжения (на высоких ступенях регулирования) к несекционированным частям обмоток подключают те же секции, но теперь уже *согласно*. При этом число согласно включенных секций постепенно увеличивают. Наибольшим напряжение будет тогда, когда к несекционированным частям согласно подключены все четыре секции.

При переходе на каждую следующую ступень регулирования осуществляется переключение только в одной из двух вторичных обмоток трансформатора. Так, при переходе на 2, 4-ю и на все четные ступени переключения производят в обмотке 01-1, а при переходе на нечетные ступени — в обмотке 02-5. Таким образом, при наборе ступеней переключения производят поочередно — сначала в одной обмотке, а затем в другой. Те ступени регулирования, на которых обе вторичные обмотки соединены одинаково и имеют одинаковое напряжение (1, 3, 5-я и другие нечетные позиции), называют *симметричными*. Остальные четные ступени регулирования, на которых вторичные обмотки соединены неодинаково, называют *несимметричными*.

Благодаря возможности изменять число работающих секций и направление их включения, а также чередовать переключения сначала в одной, а потом в другой вторичной обмотке при небольшом числе секций (восемь) обеспечивается большое количество ступеней регулирования — 33, среди которых девять — 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33-я — являются *ходовыми*, а остальные 24 ступени — *неходовыми* (переходными). Рассмотрим сначала ходовые, а затем переходные ступени регулирования.

На 1-й ступени (рис. 79, а) к основным несекционированным частям $x1-a1$ и $x2-a2$ встречно подключено по четыре секции соответственно 1-01 и 02-5. При этом результирующее напряжение равно разности напряжений несекционированных частей и четырех

включенных встречно секций. Эта разность невелика. Чтобы увеличить напряжение на двигателях, на последующих ступенях регулирования уменьшают число встречно включенных секций. На 5-й ступени встречно включено по три секции, на 9-й — по две, на 13-й — по одной (рис. 79, б), а на 17-й в работе остаются одни нерегулируемые части вторичных обмоток трансформатора (рис. 79, в).

На следующих более высоких позициях к нерегулируемым полуобмоткам секции подключают согласно. На 21-й позиции подключено к несекционированным частям по одной секции (рис. 79, г), на 25-й — по две, на 29-й — по три и на 33-й — по четыре секции (рис. 79, д). Таким образом, напряжение в обмотках и соответственно на тяговых двигателях зависит от того, сколько и в каком направлении подключено секций к основным несекционированным частям вторичных обмоток трансформатора.

На каждой из девяти ходовых ступеней регулирования (1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 и 33-й) одинаково симметрично соединены обмотки и

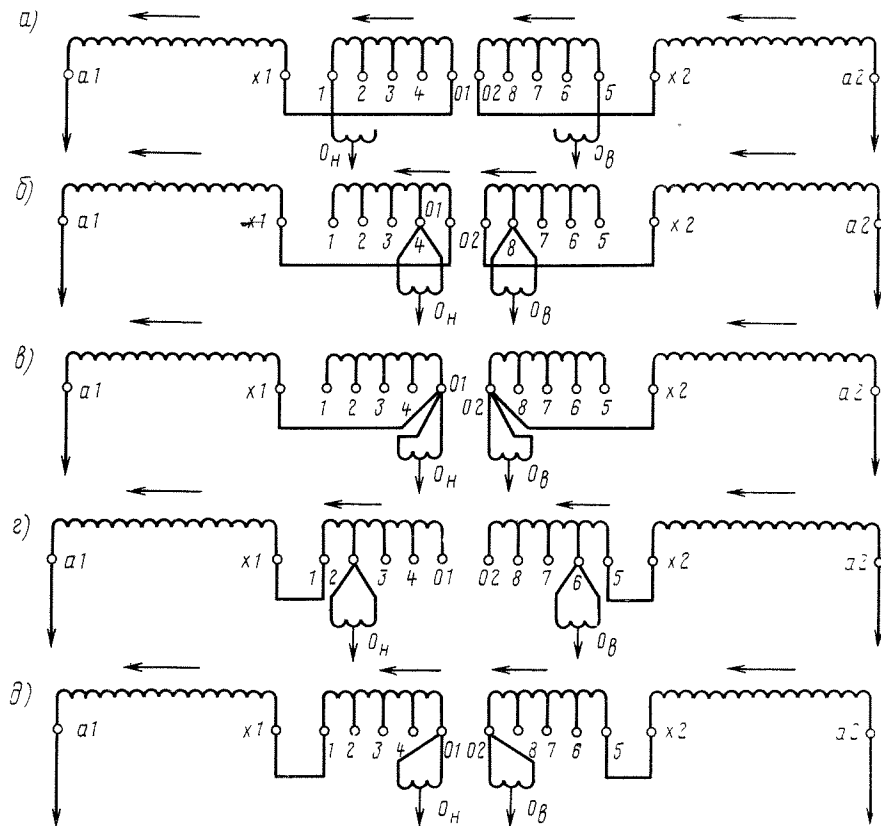


Рис. 79. Схемы вторичной обмотки трансформатора на характерных ходовых ступенях регулирования

оба вывода каждого переходного реактора подсоединены к одной отпайке. Переход с одной ходовой ступени регулирования на другую ходовую происходит в четыре этапа, т. е. между ходовыми имеются еще три неходовые, переходные ступени регулирования. Подключение к той или другой отпайке секционированной части производится через переходный реактор. Поскольку в трансформаторе две одинаковые вторичные обмотки, то в силовых цепях ставят два реактора — для каждой обмотки свой. Конструктивно оба реактора смонтированы на одном общем каркасе. Размещены они один над другим. Средняя точка обмотки нижнего реактора обозначена O_n , а верхнего — O_v .

На примере перехода с 25-й на 29-ю ступень регулирования проследим, в какой последовательности переключаются переходные реакторы и как изменяется напряжение по ступеням. На 25-й ступени (рис. 80, а) в каждой обмотке к несекционированным частям подключено согласно по две секции 3-1 и 7-5. На 29-й ступени (рис. 80, д) должно быть подключено по три секции 4-1 и 8-5. Следовательно, обмотку одного переходного реактора нужно переключить с отпайки 3 на 4, а другого — с отпайки 7 на 8.

Такое переключение проводится в четыре этапа, как показано на рис. 80, в результате чего между ходовыми ступенями образуются три неходовые. Сначала один переходный реактор переключат на секцию 3-4 (рис. 80, б). Это соответствует 26-й неходовой ступени регулирования. Обозначим напряжение одной секции ΔU и определим, как изменится напряжение между точками O_n и 1 после перехода с 25-й на 26-ю ступень регулирования. На 25-й ступени напряжение между точками O_n и 1 было равно $2\Delta U$. Поскольку на 26-й позиции переходный реактор подключен к отпайкам 3 и 4, напряжение на обмотке реактора равно ΔU , а напряжение на его полуобмотках 4- O_n и O_n -3 составляет $0,5\Delta U$. Следовательно, на 26-й позиции напряжение между точками O_n и 1 стало равным $2\Delta U + 0,5\Delta U = 2,5\Delta U$, т. е. увеличилось на $0,5\Delta U$. Ровно на столько же увеличилось напряжение всей левой вторичной обмотки.

При переходе с 25-й на 26-ю ступень регулирования в другой, правой вторичной обмотке трансформатора никаких переключений не делается и ее напряжение не изменяется. Следовательно, 26-я ступень является несимметричной — напряжение одной обмотки на $0,5\Delta U$ больше, чем другой.

При переходе с 26-й на 27-ю ступень регулирования аналогичные переключения производят в правой вторичной обмотке. Верхний переходный реактор со средней точкой O_v подключают к секции 7-8 (рис. 80, в), что приводит к увеличению напряжения этой обмотки также на $0,5\Delta U$. Таким образом, на 27-й ступени напряжения на обеих обмотках одинаковы. Эта ступень симметричная, однако она не является ходовой, так как обмотки переходных реакторов подключены не к одной точке, а к секциям трансформатора, через которые, помимо рабочего тока, проходят большие циркуляционные токи.

На следующем этапе — при переходе с 27-й на 28-ю ступень регулирования — переходный реактор со средней точкой O_n подключают к отпайке 4 обоими выводами (рис. 80, г) и напряжение левой вторичной обмотки еще повышается на $0,5\Delta U$. Эта ступень

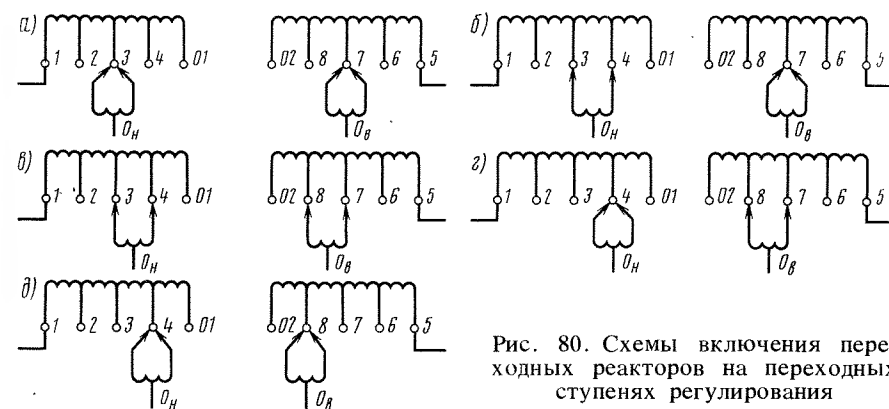


Рис. 80. Схемы включения переходных реакторов на переходных ступенях регулирования

регулирования, как и 26-я, несимметричная: напряжение одной обмотки больше на $0,5\Delta U$ напряжения другой. Наконец, при переходе с 28-й на 29-ю ступень регулирования переходный реактор со средней точкой O_v также подключается к одной точке — отпайке 8, что приводит к повышению напряжения правой обмотки еще на $0,5\Delta U$. Это уже симметричная ходовая 29-я ступень регулирования, при которой в обеих обмотках напряжение на ΔU больше, чем на 25-й позиции.

Переход с любой ходовой ступени на другую ходовую как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения напряжения двигателей происходит так же, как переход с 25-й на 29-ю позицию. Как видим, в процессе перехода осуществляются поочередные, одинаковые переключения: сначала в одной обмотке, потом в другой. На ходовых ступенях регулирования каждый переходный реактор подключен к одной отпайке, а на переходных — один или оба реактора подключены к секциям. Чтобы переключить переходный реактор с одной отпайки на другую, его сначала включают на секцию, а затем уже обоими концами на заданную отпайку.

На электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к и ВЛ80^т полупроводниковые выпрямители включены по мостовой схеме. Каждый выпрямительный мост обеспечивает питание группы тяговых двигателей, установленных на одной тележке (на шестиосных электровозах — три, на восьмиосных — два тяговых двигателя).

Проще всего, казалось бы, было подключить к каждой вторичной обмотке по одному выпрямительному мосту с группой двигателей. Однако при такой системе регулирования на несимметричных ступенях напряжения на тяговых двигателях в этом случае были бы неодинаковыми. А для того, чтобы электровоз развивал наибольшую по условиям сцепления силу тяги, все тяговые двигатели должны работать в одинаковых условиях: при равных напряжениях и с одинаковыми токами. Поэтому схемы силовых цепей электровозов ВЛ60^к, ВЛ80^к и ВЛ80^т построены так (рис. 81), что каждая группа двигателей получает питание поочередно: в один полупериод — от одной обмотки, а в следующий — от другой. Поочередно подключая двигатели то к одной, то к другой обмотке, обеспечивают одинаковое (среднее) напряжение на всех двигателях даже при неодинаковых

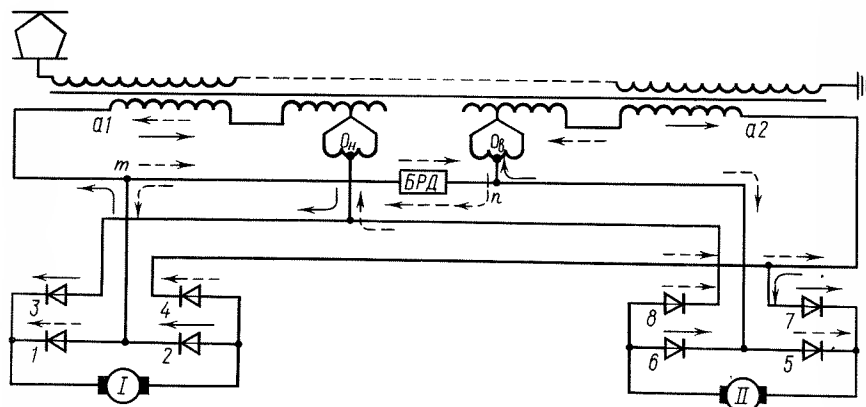


Рис. 81. Упрощенная схема силовых цепей электровозов ВЛ80^т, ВЛ60^к, ВЛ80^к

напряжения обмоток трансформатора на несимметричных позициях. На рис. 81 показаны направления протекания тока в первый полупериод сплошными стрелками и во второй — штриховыми. В первый полупериод, когда напряжение в обмотках направлено слева направо, двигатели I получают питание от обмотки $a1-O_{в}$, а двигатели II — от обмотки $O_{в}-a2$. Другими словами, двигатели каждой тележки получают питание от «своей» обмотки. Уравнительное соединение $m-n$ с блоком дифференциальных реле БРД в этот полупериод всегда обесточено, так как не входит ни в одну замкнутую цепь. Во второй полупериод двигатели первой тележки получают питание от второй обмотки через цепь БРД, а двигатели второй тележки — от первой обмотки также через эту цепь БРД, но в обратном направлении. Направление токов показано штриховыми стрелками.

Во второй полупериод через БРД протекают как бы два тока в противоположных направлениях. Возникает вопрос: есть ли в действительности ток в цепи блока? Если нет, то как же проходит ток в силовой цепи?

При одинаковом напряжении на обеих обмотках, одинаковых характеристиках тяговых двигателей, т. е. когда токи групп двигателей равны, тока в цепи БРД нет. Можно в этих условиях даже разомкнуть цепь БРД, и никаких изменений режима не произойдет. Фактически ток будет проходить по следующей цепи: вывод $a1$, ветви плеча I, тяговые двигатели I, плечо 4, обмотка $a2-O_{в}$, плечо 5, тяговые двигатели II, плечо 8, полуобмотка $O_{в}-a1$. Хотя ток в этот полупериод проходит последовательно по элементам обеих цепей, однако это две независимые цепи, последовательно они не соединены. Известно, что если элементы цепи соединены последовательно, ток при любом режиме в них одинаков. А здесь при изменении режима в одном контуре (например, отключение одного двигателя или всех трех) никаких изменений в режиме работы другого контура не произойдет — появится лишь ток (уравнительный) в цепи блока БРД.

§ 26. Регулирование напряжения на первичной стороне трансформатора

При регулировании на первичной стороне трансформатора его первичная b (рис. 82) и вторичная $в$ обмотки несекционированы. Для регулирования напряжения используют секционированную автотрансформаторную обмотку a , состоящую из 32—35 секций, которая включена на напряжение контактной сети. От автотрансформаторной обмотки к первичной обмотке трансформатора подводится напряжение, которое зависит от числа используемых секций: чем больше секций, тем выше напряжение. Первичная обмотка трансформатора со стороны земли постоянно соединена с автотрансформаторной. Переход с одной ступени на другую сводится к переключению второго вывода первичной обмотки с одной отпайки автотрансформаторной обмотки на другую.

Во время трогания электровоза, когда на двигатели нужно подать небольшое напряжение, вывод А трансформатора присоединен к отпайке 1, соответствующей 1-й ступени регулирования, и на первичную обмотку трансформатора подается напряжение, равное напряжению одной секции 0-1. Для повышения напряжения на трансформаторе и соответственно на тяговых двигателях вывод А переключают на отпайку 2, затем на отпайку 3 и т. д. Номер отпайки соответствует номеру ступени регулирования и позиции переключателя ступеней. Напряжение, подаваемое на первичную обмотку трансформатора, на 2-й ступени равно напряжению двух секций автотрансформаторной обмотки 0-2, на 3-й — трех секций 0-3 и т. д. Наибольшим оно будет тогда, когда первичная обмотка подключена к отпайке 32 (при этом число включенных секций наибольшее).

К достоинствам способов регулирования на первичной стороне трансформатора относятся меньшие габариты переключателей аппаратуры (так как токи в 10—15 раз меньше, чем при регулировании на вторичной стороне), а также возможность рационального распределения напряжения по ступеням регулирования. Напряжение секций первых ступеней регулирования по условиям трогания электровоза с

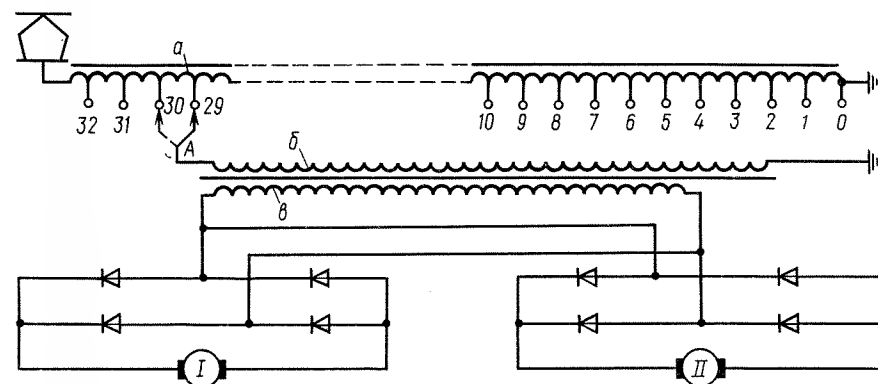


Рис. 82. Упрощенная схема силовых цепей электровоза ЧС4^т

тяжелыми поездами должно быть меньше, чем напряжение секций средних и высших ступеней.

К недостаткам такого регулирования следует отнести меньший коэффициент мощности электровоза, чем при регулировании на вторичной стороне трансформатора. Кроме того, необходима дополнительная высоковольтная обмотка автотрансформатора, в результате чего увеличивается масса меди, стали и трансформатора в целом.

На железных дорогах СССР с регулированием напряжения на первичной стороне работают электровозы ЧС4^т и ЧС4. Рассмотрим характерные особенности способа регулирования напряжения на этих электровозах.

Автотрансформаторная обмотка разделена на 32 секции. Электровоз имеет 32 ступени регулирования, причем каждая из них является ходовой. Напряжение на тяговых двигателях машинист регулирует, осуществляя переход с одной отпайки на другую. Сами переходы — переключения первичной обмотки трансформатора на ту или другую отпайку автотрансформаторной обмотки — осуществляются с помощью высоковольтного переключателя ступеней, который включает в себя избиратель ступеней и блок из четырех контакторов с дугогашением. Избиратель и блок контактов имеют общую систему привода, работающую от одного общего пневматического двигателя. Поэтому все операции протекают в строго определенной последова-

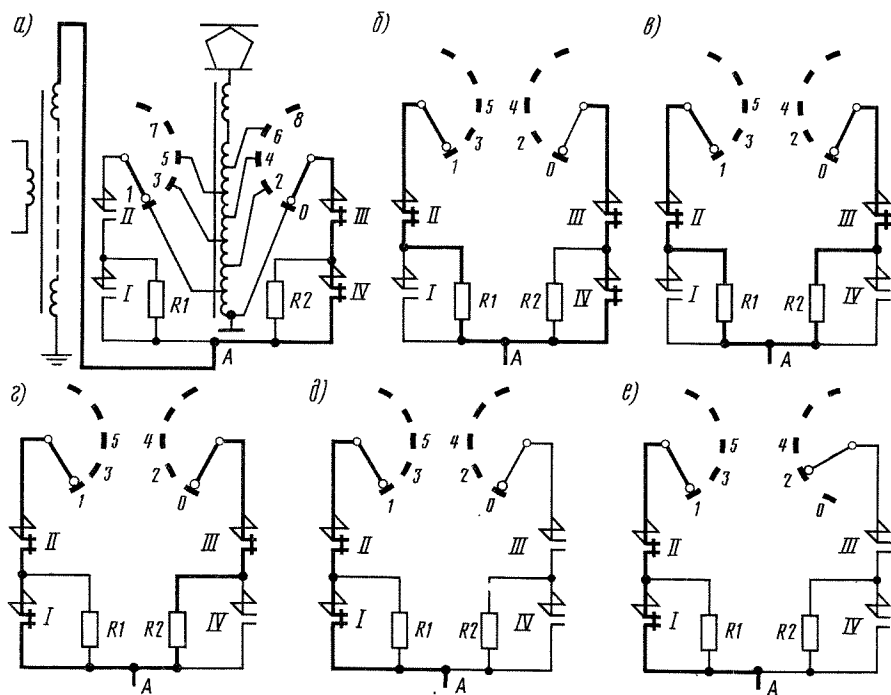


Рис. 83. Схемы цепей переключателя ступеней электровоза ЧС4^т при переходе на 1-ю ступень

тельности с необходимой выдержкой времени. Избиратель осуществляет бестоковое переключение цепи отключенных контакторов с одной отпайки на другую. Включения и отключения цепей под нагрузкой производятся контакторами. Во избежание короткого замыкания секции при одновременном подключении к двум соседним отпайкам в цепь контакторов вводятся резисторы.

Рассмотрим переход с нулевой позиции на 1-ю. На нулевой позиции избиратель своими подвижными контактами подключен к отпайкам 0 и 1, контакторы III и IV включены (рис. 83, а). Так как на отпайке 0 напряжение равно нулю, то на первичной обмотке напряжения не будет. Не будет его и на вторичной обмотке.

Переход на 1-ю, как и на каждую следующую ступень регулирования, состоит из пяти последовательных операций. Вначале включается контактор II (рис. 83, б), который замыкает цепи питания трансформатора от отпайки 1 через резистор R1. Затем отключается контактор IV, в результате чего вводится в цепь резистор R2 (рис. 83, в). В этом положении вывод А трансформатора подключен одновременно к двум отпайкам 0 и 1 через резисторы R1 и R2. Резисторы ограничивают циркуляционный ток в замкнутой секции, т. е. выполняют такую же роль, как переходные реакторы при регулировании на вторичной стороне трансформатора. Затем контактор I включается и шунтирует резистор R1 (рис. 83, г), создавая

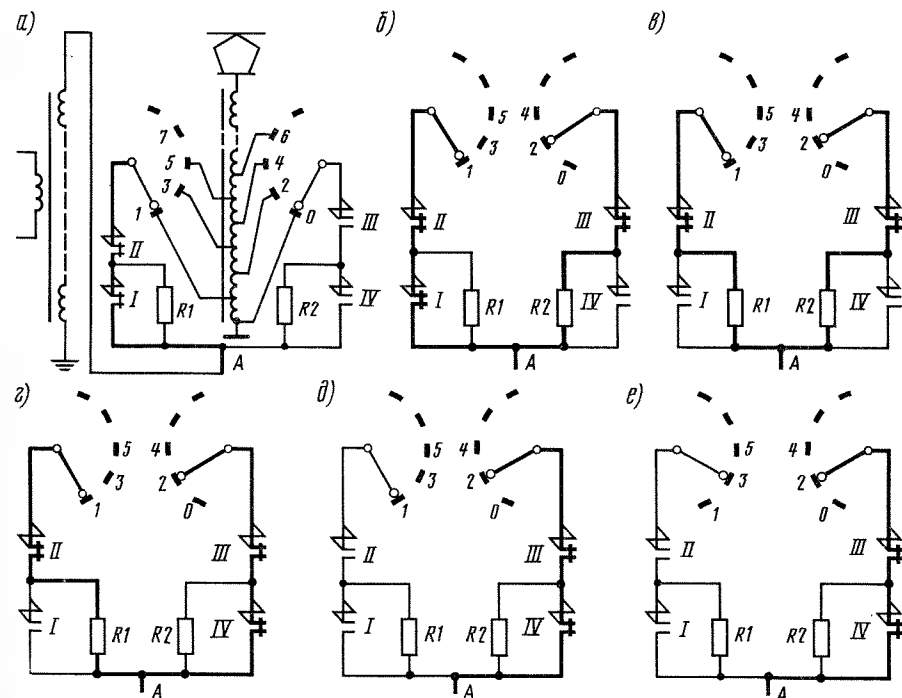


Рис. 84. Схемы цепей переключателя ступеней электровоза ЧС4^т при переходе на 2-ю ступень

цепь питания трансформатора непосредственно от отпайки 1. После этого отключается контактор III (рис. 83, д), прерывается цепь питания от отпайки 0 и разрывается цепь избирателя четных отпайек. По существу на этом заканчивается переход на 1-ю позицию. Однако в цикле перехода предусмотрена пятая операция: перемещение обесточенного подвижного контакта избирателя на следующую, в данном примере с нулевой на вторую отпайку (рис. 83, е).

Переход на 2-ю позицию выполняется так же, но с соответствующим изменением последовательности включения и отключения контакторов. Этот переход иллюстрируется на рис. 84 и не требует дополнительных пояснений. Все переходы на нечетные позиции осуществляются точно так же, как переход с нулевой на 1-ю позицию, а на четные — как с 1-й на 2-ю позицию.

Автоматический набор всех 32 позиций происходит за 19 с. Следовательно, переход на одну позицию занимает меньше 1 с. Поскольку на каждой ступени регулирования вывод трансформатора подсоединен непосредственно к отпайке автотрансформатора (резистор выведен), то продолжительность использования любой ступени ничем не ограничена. Каждая из 32 ступеней является ходовой.

§ 27. Регулирование режима работы управляемыми вентилями

Регулирование напряжения на электровозах переключением ступеней с помощью контактной аппаратуры сопряжено с известными трудностями: на контактах образуется мощная дуга, ускоряющая их износ; помимо самой переключающей аппаратуры, необходимо иметь переходные реакторы или резисторы; приводы контакторов и переключателей нуждаются в тщательном уходе и необходимость их осмотра и ремонта ограничивает продолжительность межремонтных пробегов электровозов; регулирование получается ступенчатым, что ухудшает тяговые свойства локомотива.

Все эти недостатки могут быть исключены, если в системах регулирования использовать управляемые полупроводниковые венти-

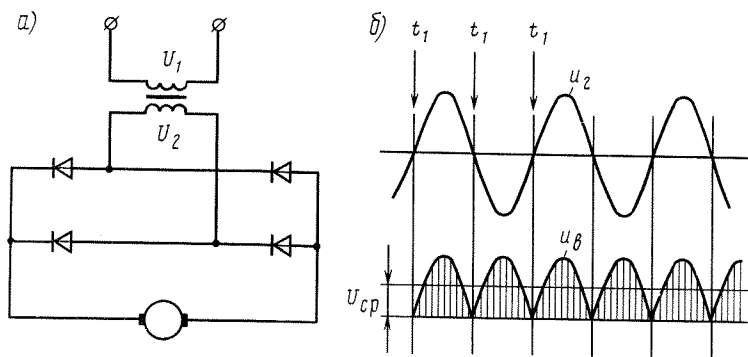


Рис. 85. Схема выпрямления (а) и кривые выпрямленного напряжения (б) при неуправляемых вентилях

ли — тиристоры. При этом улучшаются пусковые характеристики электровоза, отпадает необходимость в переходных реакторах и резисторах, появляется возможность существенно упростить контакторную аппаратуру или даже отказаться от нее. Оказывается возможным осуществить инвертирование тока и рекуперацию энергии при электрическом торможении, довольно просто выполнить плавное регулирование режима ведения поезда.

Рассмотрим, как осуществляется плавное регулирование напряжения с помощью тиристоров.

Напряжение вторичной обмотки трансформатора изменяется по синусоиде. Это значит, что через каждые полпериода, т. е. через каждую сотую долю секунды, меняется его направление. При неуправляемых вентилях ток через них начинает протекать с начала полупериода — с того момента, когда направление напряжения вторичной обмотки меняется и совпадает с проводящим направлением вентилей, т. е. с момента t_1 (рис. 85). В течение всего полупериода напряжение трансформатора через вентили подводится к тяговым двигателям. Напряжение на тяговых двигателях определяется средним за полпериода значением, т. е. заштрихованной площадью синусоиды.

При управляемых вентилях — тиристорах ток через них начинает протекать не с начала полупериода, а лишь с того момента t_2 или t_3 (рис. 86), когда на управляющий электрод тиристора подается отпирающий импульс. Импульс подается с некоторым запаздыванием, определяемым углом отпирания α . В течение начальной части полупериода, когда тиристоры закрыты, напряжение к тяговым двигателям от трансформатора не подводится — цепь разомкнута тиристорами. Оно подается на тяговые двигатели лишь с момента отпирания тиристоров (t_2 или t_3) и до конца полупериода. Напряжение двигателей, прямо пропорциональное заштрихованной площади, очевидно, при этом будет меньше, чем в случае, когда вентили работали в течение полного полупериода.

Если уменьшить угол α , открывая тиристоры раньше, то среднее значение выпрямленного напряжения увеличится и, наоборот, при увеличении α уменьшится. Если отпирающие импульсы подавать в

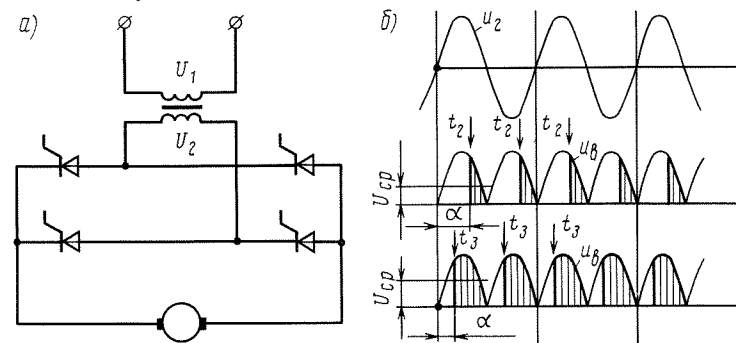


Рис. 86. Схёма выпрямления (а) и кривые выпрямленного напряжения (б) при управляемых вентилях

самом конце полупериода ($\alpha=180^\circ$), то тиристоры окажутся запертыми в течение всего полупериода и напряжение будет равно нулю.

Сущность тиристорного регулирования заключается в том, что, изменяя момент подачи отпирающих импульсов, т. е. угол открытия, можно менять среднее значение выпрямленного напряжения.

Теперь нетрудно представить себе, что если плавно менять угол открытия, то выпрямленное напряжение также будет изменяться плавно. В случае, когда нужно получить напряжение, плавно возрастающее от нуля до заданного значения, поступают следующим образом. Вначале устанавливают угол $\alpha=180^\circ$ — тиристоры заперты, напряжение равно нулю. Затем этот угол плавно уменьшают от 180° до нуля. Когда $\alpha=0$, выпрямитель работает как неуправляемый с наибольшим напряжением.

Применяя полупроводниковые вентили (управляемые и неуправляемые), можно отказаться от переходных реакторов и переходных резисторов, осуществив так называемый вентильный переход. Так, если двигатель (рис. 87) включен на секцию I трансформатора и нужно перейти на следующую ступень с напряжением двух секций I и II, то можно одновременно с вентилем 4 открыть вентиль 2. Короткого замыкания секции II не произойдет, так как каждый вентиль допускает протекание тока только в одном направлении. При одновременном открытых вентилях работать будет вентиль с большим напряжением, т. е. вентиль 2, а через вентиль 4 ток не проходит.

Управляемые вентили позволяют отказаться от применения кондукторов, выполняя их роль, а также еще дают возможность осуществить плановое регулирование.

Использование только фазового регулирования без переключения секций трансформатора сопряжено с низкими энергетическими показателями системы и осложнением резервирования. В то же время с помощью тиристоров можно не только осуществлять фазовое регулирование, но и без дополнительных устройств производить переключения секций вторичной обмотки трансформатора. Поэтому на электровозах переменного тока применяют комбинированный способ регулирования (так называемое *зонно-фазовое*) — одновременно используют и фазовое регулирование, и переключение секций.

Вторичная обмотка разделена на секции. Число витков (напряжения) секций может быть неодинаковым. Число секций и витков в них выбирают при проектировании электровоза исходя из технико-экономических соображений. К каждой отпайке трансформатора

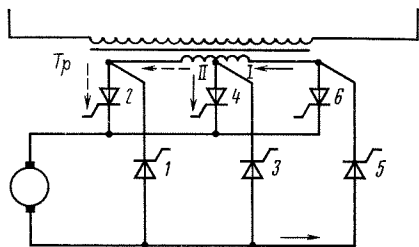


Рис. 87. Схема вентильного управляемого перехода

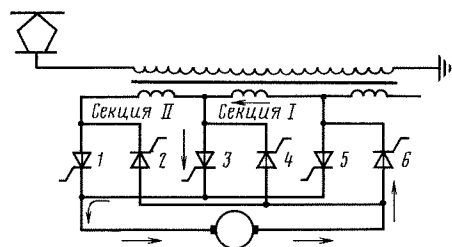


Рис. 88. Схема силовой цепи при зонно-фазовом регулировании

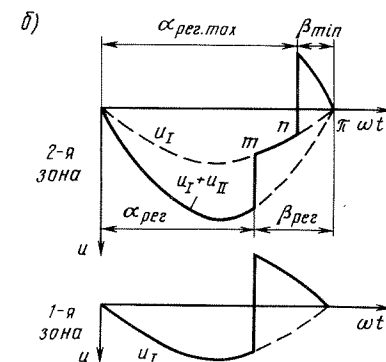
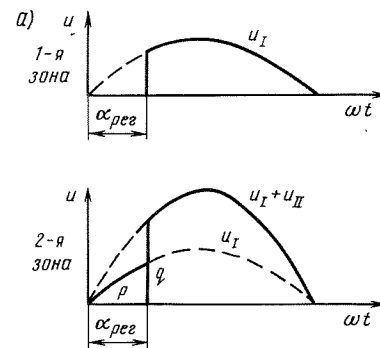


Рис. 89. Диаграмма регулирования напряжений в тяговом режиме (а) и э. д. с. инвертора в режиме рекуперативного торможения (б) на электровозе ВЛ80Р

подключают тиристоры, как показано на рис. 88. Напряжение на двигателе определяется числом рабочих секций и углом (часто его называют фазой) открытия тиристоров. В начале процесса увеличения напряжения работает одна секция I, при этом открыты тиристоры 3 и 6 в один полупериод (направление тока показано стрелками), тиристоры 5 и 4 в следующий полупериод. Тиристоры 3 и 5 открываются сразу в начале полупериода, т. е. работают как неуправляемые вентили — диоды. Угол открытия тиристоров 6 и 4 регулируется. Они открываются не в начале полупериода, когда $\alpha=0$, а при угле $\alpha_{\text{рег}}$ (рис. 89, а). Вначале угол $\alpha_{\text{рег}}$ большой — тиристоры 6 и 4 открываются в самом конце полупериода и выпрямленное напряжение равно нулю. Затем $\alpha_{\text{рег}}$ плавно уменьшают примерно до нуля. Это обеспечивает увеличение выпрямленного напряжения до полного, соответствующего секции I. При этом все тиристоры 3, 4, 5 и 6 открываются в начале полупериода, как диоды. Тиристор не может открыться точно в начале полупериода, когда $\alpha_{\text{рег}}=0$, так как в этот момент напряжение на тиристорах равно нулю. Поэтому сигнал на открытие тиристора подают с небольшим опозданием ($\alpha_0=5\div 8^\circ$). Таким образом, в 1-й зоне осуществляется фазовое регулирование. Для дальнейшего увеличения напряжения при полностью открытых тиристорах 3, 4, 5 и 6 к секции I тиристорами 1 и 2 подключают секцию II. Это начало 2-й зоны регулирования. Угол открытия $\alpha_{\text{рег}}$ тиристора 1 в один полупериод и тиристора 2 в следующий полупериод вначале устанавливают большой, затем его плавно уменьшают, увеличивая тем самым продолжительность работы одновременно обеих секций I и II. В ту часть полупериода, когда тиристоры 1 и 2 закрыты, в цепи двигателя действует напряжение только секции I (отрезок p—q на рис. 89, а). В остальной части полупериода после открытия этих тиристоров в цепи действует суммарное напряжение секций I и II. Угол регулирования плавно уменьшают до нуля, а выпрямленное напряжение, увеличиваясь, достигает наибольшего значения во 2-й зоне регулирования, которое определяется суммарным напряжением обеих секций. Если вторичная обмотка трансформатора имеет еще секции, то они могут быть включены таким же

способом. Секции можно подключать в различной очередности и в различных сочетаниях. Снижение выпрямленного напряжения производится в обратной последовательности.

Используя тиристоры, можно осуществить инвертирование тока при рекуперативном торможении, причем также с плавным регулированием напряжения во всем диапазоне скоростей вплоть до остановки электровоза. Как известно, при электрическом торможении напряжение тягового двигателя, работающего в генераторном режиме, направлено встречно по отношению к напряжению трансформатора. При этом напряжение двигателя как бы уравнивается э. д. с. трансформатора. Чем больше разница между напряжением двигателя и э. д. с. трансформатора, тем больше ток инвертирования. Зонно-фазовое регулирование при инвертировании сводится к изменению э. д. с. трансформатора путем изменения числа включенных секций и продолжительности их работы в течение полупериода. Для регулирования используются те же тиристоры и секции трансформатора, что и при регулировании в тяговом режиме, но меняется очередность открытия тиристоров. Регулирование в инверторном режиме начинается при высоких скоростях, когда напряжение двигателей, работающих в генераторном режиме, наибольшее и в работе инвертора участвуют все секции трансформатора (в нашем примере две секции). По мере уменьшения скорости движения для поддержания тормозного режима необходимо уменьшать э. д. с. трансформатора. В высшей зоне (в нашем примере во 2-й) обеспечивается наибольшая э. д. с. инвертора для того, чтобы начальный ток рекуперации был наименьшим. С этой целью тиристоры 1, 2, 5 и 6 имеют наибольший угол открытия $\alpha_{\text{рег. max}} = \pi - \beta_{\text{min}}$, где β_{min} — минимальный угол опережения открытия в инверторном режиме. При этом э. д. с. инвертора определяется суммарным напряжением двух секций $U_I + U_{II}$ на протяжении $\alpha_{\text{рег. max}}$. Для увеличения тока рекуперации и соответственно тормозной силы уменьшают угол $\alpha_{\text{рег}}$ тиристоров 3 и 4. Это приводит к уменьшению э. д. с., так как при этих условиях продолжительность действия суммарного напряжения уменьшается до $\alpha_{\text{рег}}$, а в остальной части полупериода э. д. с. обусловлена только напряжением одной секции (участок $m-n$ на рис. 89, б). После того как угол β достигнет наибольшего значения, заканчивается регулирование во 2-й зоне и начинается в 1-й. В начале зоны э. д. с. определяется наибольшей продолжительностью работы секции I. Затем, уменьшая углы открытия тиристоров 4, 5, 3 и 6, поддерживают необходимый ток рекуперации вплоть до остановки электровоза.

§ 28. Регулирование режима работы ослаблением возбуждения тяговых двигателей

После того как напряжение на тяговых двигателях при наборе позиций достигнет номинального значения, дальнейшее его увеличение недопустимо. В этом случае регулировать режим работы двигателей с целью увеличения силы тяги и скорости движения можно, шунтируя обмотки возбуждения резисторами различного сопротивления. Такой способ применяют на всех электровозах как постоянного, так и переменного тока. Рассмотрим процессы, проис-

ходящие в цепи тяговых двигателей при ослаблении возбуждения. При полном возбуждении ток якоря целиком протекает через обмотку возбуждения $ОВ$ (рис. 90). При этом $I_b = I$; $I_R = 0$.

Для ослабления возбуждения контактором K параллельно обмотке $ОВ$ подключается резистор R . После этого через обмотку $ОВ$ будет протекать только часть тока якоря, а другая часть его пройдет через резистор. С уменьшением тока возбуждения соответственно уменьшится и магнитный поток. Часто возникает вопрос: не снизится ли сила тяги в соответствии с формулой (1) вследствие уменьшения магнитного потока? Вспомним основные электромеханические зависимости в тяговом двигателе.

Ток в обмотке якоря I определяется напряжением U , э. д. с. E и суммарным омическим сопротивлением R обмоток тягового двигателя: $I = (U - E) / R$.

Величина E прямо пропорциональна магнитному потоку Φ , скорости движения v и зависит от конструктивного коэффициента машины C : $E = C\Phi v$.

Тогда $I = (U - C\Phi v) / R$.

При уменьшении магнитного потока Φ увеличивается разность $U - C\Phi v$ и соответственно ток якоря. Наоборот, при увеличении магнитного потока Φ эта разность и соответственно ток якоря уменьшаются. Незначительное изменение Φ влечет за собой существенное изменение тока I . После включения контактора K начнет уменьшаться ток возбуждения и соответственно магнитный поток. Это вызовет уменьшение э. д. с., в результате чего увеличится ток якоря и соответственно ток возбуждения. Переходный процесс заканчивается новым установившимся режимом, при котором хотя ток возбуждения и несколько меньше, чем до ослабления возбуждения, но ток якоря значительно больше. Следовательно, сила тяги в соответствии с выражением (1) увеличится, несмотря на некоторое уменьшение магнитного потока.

Эффективность ослабления возбуждения зависит от сопротивления резистора, подключаемого к обмотке возбуждения. Чем меньше сопротивление, тем большая часть тока ответвляется в его цепь, тем больше эффект ослабления возбуждения. Ослаблять возбуждение можно до определенных пределов, ибо это приводит к увеличению тока якоря I_a и к усилению искрения под щетками, т. е. к ухудшению коммутации. Увеличение тока I_a может привести к недопустимому нагреву двигателя, а ухудшение коммутации повышает вероятность возникновения кругового огня на коллекторе.

На электровозах переменного тока применяют несколько ступеней ослабления возбуждения: три на ВЛ60^к и ВЛ80, пять на ЧС4. Процессы регулирования режима ослабления поля на различных электровозах примерно одинаковы: контакторами подключаются резисторы различного сопротивления.

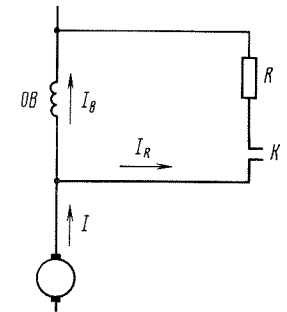


Рис. 90. Схема ослабления возбуждения тягового двигателя

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТОКА

§ 29. Выпрямление тока

Однополупериодное выпрямление. Выпрямление переменного тока в постоянный производится с помощью статических преобразователей, собранных из вентилях, которые проводят электрический ток только в одном направлении.

Для преобразователей электровозов, как правило, применяют полупроводниковые кремниевые вентили.

Простейшей является схема однополупериодного выпрямления (рис. 91, а). Первичная обмотка трансформатора питается от однофазной сети с напряжением u_1 . Напряжение вторичной обмотки u_2 подается на нагрузку R через вентиль B .

Ток через вентиль может проходить только тогда, когда анод имеет потенциал положительный по отношению к катоду, т. е. в течение одного полупериода, соответствующего положительной полуволне синусоидального напряжения. В следующий полупериод, при отрицательной полуволне напряжения, анод вентиля будет иметь отрицательный потенциал по отношению к катоду и ток через вентиль не будет проходить. Таким образом, через нагрузку R протекает прерывистый ток I постоянного направления (рис. 91, б). Кривые (рис. 91, б) построены в предположении, что нагрузка R имеет чисто омическое сопротивление.

В полупериоды, когда вентиль проводит ток, напряжение анод-катод u_{a-k} на нем очень мало: оно равно падению напряжения в вентиле. В непроводящий полупериод между анодом и катодом вентиля будет приложено полное напряжение вторичной обмотки трансформатора, которое в этом случае называют *обратным*. Максимальное обратное напряжение равно амплитудному значению напряжения вторичной обмотки трансформатора:

$$U_{обр\ m} = \sqrt{2} U_2.$$

В схеме рис. 91 к нагрузке R подводится напряжение прерывистое, переменное по значению и постоянное только по направлению. Прерывистое напряжение вызывает прерывистый ток нагрузки, что неблагоприятно отражается на работе потребителя постоянного тока — тягового двигателя на электровозе. При этом возникают значительные пульсации выпрямленных напряжений и тока, т. е. качество выпрямления неудовлетворительное. На электровозах схемы однополупериодного выпрямления не используются.

Двухполупериодное выпрямление. Для питания постоянным током потребителей большой мощности от однофазной сети, в том числе и тяговых двигателей на электровозах переменного тока со статическими преобразователями, применяют схемы двухполупериодного вы-

прямления. При этом пульсации выпрямленных напряжения и тока меньше, чем в схемах однополупериодного выпрямления.

Различают схемы двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора и мостовые. Схемы с нулевым выводом применяли преимущественно на электровозах с ртутными вентилями, имеющими жидкостное охлаждение, а мостовые, как правило, — на электровозах с полупроводниковыми выпрямителями или ртутными вентилями, имеющими воздушное охлаждение.

Схема выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора. Принцип работы этой схемы (рис. 92) заключается в следующем. Вторичная обмотка трансформатора разделена нулевым выводом 0 на две равные части, на две фазы. Крайние выводы $x1$, $x2$ вторичной обмотки присоединены к анодам вентилях. Катоде вентилях соединены с зажимом «+» тягового двигателя, а вывод 0 — с зажимом «-». Таким образом, двигатель включен между нулевой точкой трансформатора и катодами вентилях.

В течение первого полупериода, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода $x2$ к выводу $x1$, ток протекает от точки 0 через половину вторичной обмотки $0-x1$, вентиль 1 к зажиму «+» двигателя и от зажима «-» к нулевой точке обмотки трансформатора. Во втором полупериоде, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода $x1$ к выводу $x2$, ток протекает от точки 0 через половину вторичной обмотки $0-x2$, вентиль 2 к зажиму «+» двигателя и от зажима «-» к нулевой точке обмотки трансформатора. Следовательно, как в первый, так и во второй полупериод ток протекает через обмотки тягового двигателя в одном и том же направлении — от плюса к минусу.

В течение каждого полупериода в работе участвует попеременно лишь одна половина вторичной обмотки трансформатора и соответствующий ей вентиль. Напряжение, приложенное к двигателю в течение каждого полупериода, изменяется в соответствии с измене-

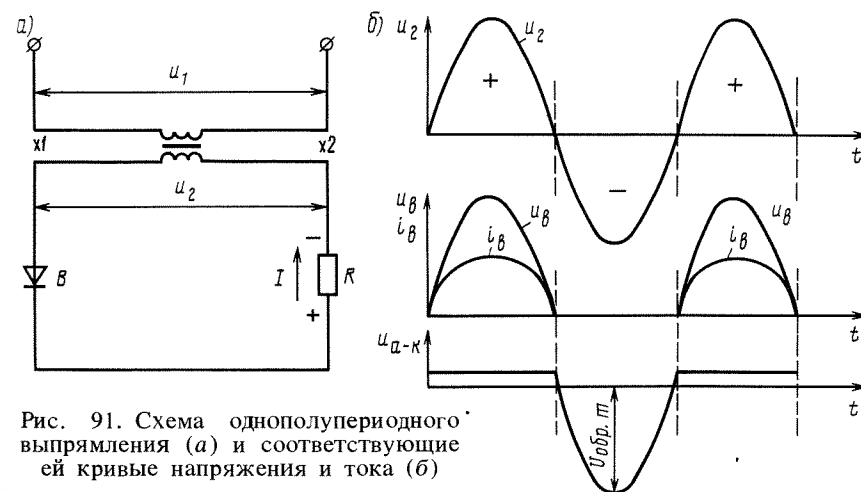


Рис. 91. Схема однополупериодного выпрямления (а) и соответствующие ей кривые напряжения и тока (б)

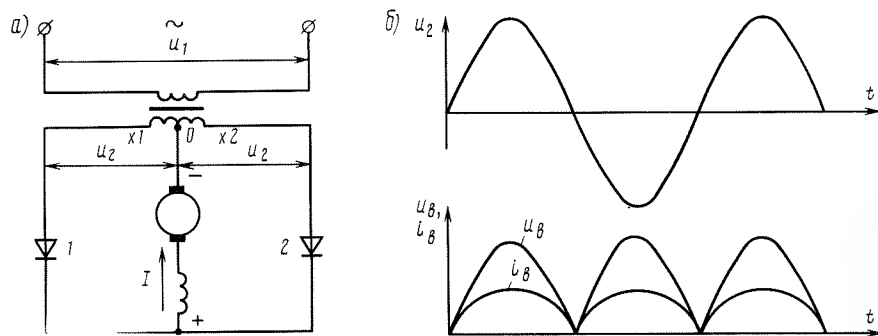


Рис. 92. Схема двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки (а) и соответствующие ей кривые напряжения и тока (б)

нием напряжения действующей фазы вторичной обмотки трансформатора, возрастая от нуля до максимума и затем вновь уменьшаясь до нуля. Таким образом, к двигателю приложено выпрямленное напряжение, но пульсирующее от нуля до максимума с двойной частотой питающей сети (рис. 92, б).

Если бы двигатель представлял собой чисто омическое сопротивление, то ток в его цепи изменялся бы соответственно выпрямленному напряжению от нуля до максимума, т. е. пульсировал подобно напряжению (см. рис. 92, б). Однако двигатели обладают некоторой, хотя и небольшой, индуктивностью, сглаживающей пульсацию тока. Сглаживающее действие индуктивности объясняется тем, что благодаря пульсации тока в цепи возникает э.д.с. самоиндукции, которая препятствует изменению выпрямленного тока и поддерживает в цепи определенное значение тока.

Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока индуктивность двигателя недостаточна. Чтобы уменьшить пульсацию выпрямленного тока, последовательно с тяговыми двигателями приходится включать дополнительную индуктивность в виде сглаживающих реакторов. Чем больше индуктивность такого реактора, тем больше его сглаживающее действие.

Абсолютное значение пульсации определяется разностью максимального и минимального мгновенных значений выпрямленного тока, а отношение этой величины к среднему значению выпрямленного тока называют *относительной пульсацией*, которую обычно выражают в процентах. Практически в схемах выпрямления однофазного тока допускается пульсация выпрямленного тока, равная 25—35% среднего значения, так как для более полного сглаживания необходим реактор чрезмерно больших размеров и массы.

Если индуктивность цепи не изменяется с изменением нагрузки, то абсолютное значение пульсации тока также не изменяется, а относительная пульсация увеличивается при уменьшении нагрузки и уменьшается при ее увеличении. Для обеспечения лучшей коммутации тяговых двигателей желательно поддерживать постоянной относительную пульсацию тока как можно в более широком диапазоне нагрузок. При этом в зоне больших скоростей и малых токов, когда условия работы тяговых двигателей наиболее неблагоприятны, абсо-

лютное значение пульсации будет наименьшим, что способствует улучшению коммутации. Поэтому необходимо, чтобы индуктивность цепи выпрямленного тока не была постоянной, а изменялась с изменением нагрузки по закону гиперболы: $I_B L_B = \text{const}$.

Индуктивность в общем виде, как известно, зависит от магнитного потока Φ , тока I_B и определяется их отношением: $L_B = \Phi / I_B$.

Сглаживающие реакторы со стальным сердечником, установленные на электровозах, имеют электромагнитную характеристику, близкую к гиперболе. Суммарная индуктивность цепи (индуктивность сглаживающего реактора и обмоток двигателей) обычно ограничивает пульсацию выпрямленного тока до 25% в области нагрузок часового и продолжительного режимов и до 30% при нагрузке, равной половине часовой. В области меньших нагрузок, когда реактор работает на прямолинейной части кривой намагничивания, относительная пульсация тока возрастает.

Мостовая схема выпрямления. При мостовой схеме выпрямления (рис. 93) ток в каждый полупериод протекает через всю вторичную обмотку трансформатора поочередно то в одном, то в другом направлении. Вентили включены в четыре плеча выпрямительного моста. Катоды двух вентиляей 1 и 2 соединены друг с другом и с зажимом «+» двигателя. Зажим «-» двигателя соединен с общей точкой анодов двух других вентиляей 3 и 4. Выводы $x1, x2$ вторичной обмотки трансформатора присоединены к соответствующим общим точкам выпрямительного моста.

Таким образом, в полупериод, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода $x2$ к выводу $x1$, ток протекает от вывода $x1$ через вентиль 1 к зажиму «+» двигателя и от его зажима «-» через вентиль 3 к выводу $x2$ вторичной обмотки трансформатора. В следующий полупериод, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода $x1$ к выводу $x2$, ток протекает от вывода $x2$ через вентиль 2 к зажиму «+» двигателя и от зажима «-» через вентиль 4 к выводу $x1$. Следовательно, в оба полупериода ток протекает через обмотки тягового двигателя в одном и том же направлении (показано стрелкой).

В мостовой схеме в оба полупериода ток протекает через всю вторичную обмотку трансформатора, а в схеме с нулевым выводом в каждый полупериод только через ее половину. В связи с худшим использованием вторичной обмотки трансформатора типовая мощность его в схеме с нулевым выводом больше. Достоинством этой схемы является то, что катоды противофазных вентиляей соединены и имеют одинаковый потенциал, поэтому не требуется дополнительно изолировать корпуса этих вентиляей друг от друга. Мостовая схема обладает тем преимуществом, что обратное напряжение, приходящееся на вентиль, в 2 раза меньше, чем в схеме с нулевым выводом, при одном и том же напряжении на двигателе.

Все, что было сказано о пульсации выпрямленных напряжения и тока для схемы с нулевым выводом, в равной степени относится и к мостовой схеме. Нужно иметь в виду, что после изменения направления э. д. с. в обмотке трансформатора происходит или постепенный переход (коммутация) тока с одной фазы на другую (в схеме с нулевым выводом), или постепенное изменение направления тока во вторичной обмотке трансформатора (в мостовой схеме).

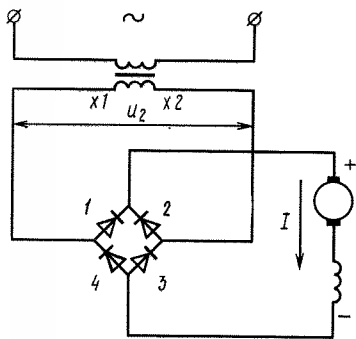


Рис. 93. Мостовая схема двухполупериодного выпрямления

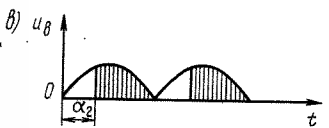
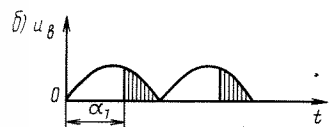
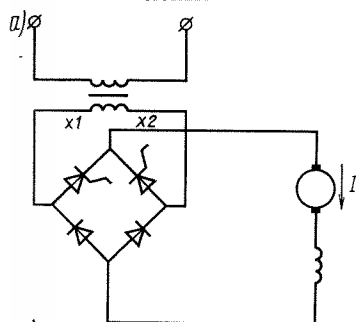


Рис. 94. Мостовая схема выпрямления с плавным регулированием напряжения (а), а также кривые выпрямления и регулирования напряжения с углом регулирования $\alpha_1 > \pi/2$ (б) и $\alpha_1 < \pi/2$ (в)

В процессе коммутации в течение некоторого времени ток одновременно протекает через оба вентиля (противофазных) в схеме с нулевым выводом и через четыре вентиля в мостовой схеме. Время, в течение которого происходит коммутация вентилей, или угол, соответствующий этому времени (угол коммутации γ), зависит от тока и индуктивности обмоток трансформатора. Пульсация тока и процесс коммутации в вентилях оказывают существенное влияние на характеристики и энергетические показатели электровозов.

Выше были рассмотрены схемы выпрямления переменного тока в постоянный с помощью неуправляемых вентилей (диодов), когда среднее значение выпрямленного напряжения остается неизменным. Все более широкое применение получают схемы выпрямления переменного тока в постоянный с одновременным регулированием выпрямленного напряжения. В таких схемах используют управляемые вентили — тиристоры. Выпрямители, выполненные по мостовой схеме (рис. 94, а), имеют по два неуправляемых и по два управляемых плеча. Выпрямление переменного тока в этом случае может начаться лишь тогда, когда на управляющий электрод будет подан положительный импульс напряжения, т. е. когда тиристоры будут открыты. Импульс на управляющий электрод может подаваться с некоторым сдвигом по отношению к напряжению вторичной обмотки трансформатора.

Выпрямление происходит лишь с момента отпирания тиристоров и до конца полупериода (рис. 94, б). Очевидно, что при этом среднее выпрямленное напряжение будет тем меньше, чем меньше часть полупериода, в течение которой тиристоры открыты. Если уменьшить угол регулирования, например, с α_1 до α_2 , открывая тиристоры раньше, то среднее значение выпрямленного напряжения увеличится (рис. 94, в) и, наоборот, при увеличении угла α — уменьшится. Когда отпирание импульсы подают на управляющие электроды тиристоров в конце полупериода

($\alpha = 180^\circ$), тиристоры заперты и напряжение равно нулю. Если отпирание импульсы подают в самом начале полупериода ($\alpha = 0$), напряжение максимально.

Выпрямители, в которых используются тиристоры, получило применение на электровозах для плавного регулирования напряжения в силовых цепях, а также для регулирования напряжения возбуждения тяговых двигателей при электрическом торможении.

§ 30. Инвертирование тока

Во время рекуперативного торможения на электровозах переменного тока, как и на электровозах постоянного тока, тяговые двигатели работают в генераторном режиме, превращая кинетическую энергию движущегося по инерции поезда в электрическую. Тяговые двигатели — машины постоянного тока, они вырабатывают постоянный ток. Для того чтобы их энергию направить в контактную сеть (т. е. осуществить рекуперацию энергии), необходимо постоянный ток преобразовать в переменный и повысить напряжение на двигателях до напряжения в контактной сети.

Процесс преобразования постоянного тока в переменный с помощью статических преобразователей называют *инвертированием*. Его осуществляют специальным преобразователем — инвертором, укомплектованным управляемыми вентилями: игнитронами с сеточным управлением или кремниевыми полупроводниковыми управляемыми вентилями (тиристорами). Отметим, что инвертор в тяговом режиме работает как выпрямитель, причем благодаря наличию в нем управляемых вентилей возможно плавное регулирование напряжения.

Инвертирование, как и выпрямление, осуществляют по различным схемам (по схеме с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора или мостовой схеме). На первых электровозах с рекуперацией ВЛ60^р установлены игнитроны, которые работают в схеме с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора. На электровозах ВЛ80^р установлены полупроводниковые преобразователи, выполненные по мостовой схеме.

Чтобы перейти от выпрямления к инвертированию, тяговые двигатели необходимо перевести в генераторный режим при независимом возбуждении. Одновременно изменяют полярность двигателей так, чтобы направление генераторного тока соответствовало направлению проводимости вентилей (рис. 95).

С помощью управляющих электродов у тиристоров обеспечивает открытие соответствующих вентилей в отрицательный полупериод напряжения вторичной обмотки трансформатора. При этом ток протекает против э. д. с. во вторичной обмотке трансформатора, вследствие чего трансформатор передает в контактную сеть энергию, вырабатываемую тяговыми двигателями.

Рассмотрим процесс инвертирования на примере мостовой схемы.

Напряжение тяговых двигателей, работающих в генераторном режиме, подается на шины «+» и «-» (см. рис. 95). Постоянный ток от этих шин пропускают через обмотку трансформатора Н2-К2 поочередно то в одном направлении (сплошные стрелки), то в другом

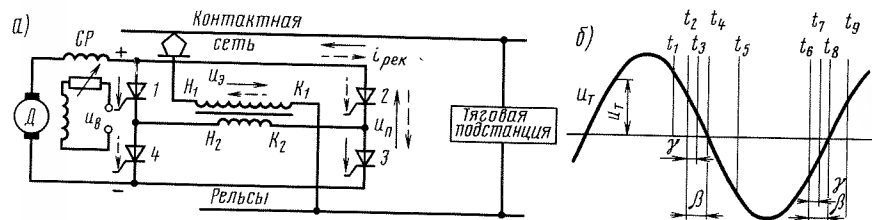


Рис. 95. Схема (а) и кривая напряжения (б), поясняющие процесс инвертирования

(штриховые). В первичной обмотке $H1-K1$ трансформатора трансформируется переменное напряжение, которое зависит от напряжения генерирующего двигателя и коэффициента трансформации.

Направление тока в обмотке $H2-K2$ изменяют, поочередно открывая то одни, то другие управляемые вентили. В один полупериод открывают вентили 1 и 3, и ток в обмотке протекает слева направо. В следующий полупериод открывают вентили 2 и 4, ток протекает справа налево. Затем опять открывают вентили 1 и 3 и т. д. Чем чаще меняют направление тока, тем больше частота переменного тока. Чем выше напряжение постоянного тока, создаваемое генерирующим двигателем (генератором), и чем больше коэффициент трансформации, тем выше напряжение, получаемое на обмотке $H1-K1$.

Для осуществления рекуперации энергии необходимо, чтобы напряжение, получаемое на обмотке $H1-K1$, имело ту же частоту (50 Гц), что и напряжение контактной сети. Это достигается путем синхронного с частотой контактной сети открывания вентилей. Чтобы происходила передача энергии от трансформатора электровоза в контактную сеть (на тяговую подстанцию или другим электровозам), напряжение, а точнее э. д. с. обмотки трансформатора электровоза u_2 , должно быть немного больше напряжения тяговой подстанции u_n . Только тогда ток рекуперации $i_{рек}$ пойдет в направлении, соответствующем направлению напряжения u_2 , против напряжения u_n . Если напряжение $u_2 \leq u_n$, то ток рекуперации будет равен нулю — рекуперация не произойдет. Если напряжение u_n по какой-либо причине на подстанции снято, трансформатор электровоза окажется включенным на короткозамкнутую цепь, т. е. попадет в аварийный режим короткого замыкания.

Отметим теперь некоторые особенности инвертирования. Известно, что тиристор можно открыть, подав на его управляющий электрод соответствующий импульс. Закрыть управляемый вентиль во время прохождения через него тока нельзя. Он закрывается только тогда, когда ток через него становится равным нулю.

Как же изменить направление тока в трансформаторе (см. рис. 95) во время, например, первого полупериода, когда открыты и работают вентили 1 и 3. Закрыть эти вентили нельзя. Если открыть вентили 2 и 4 при работающих вентилях 1 и 3, это может привести к короткому замыканию генератора, так как образуются две цепи короткого замыкания — через вентили 1 и 4 и через вентили 2 и 3. В том случае, когда момент открытия очередных вентилей (в нашем

примере вентилей 2 и 4) выбран правильно, под действием напряжения трансформатора одни вентили инвертора открываются, а другие закрываются; и к аварийным режимам это не приводит.

Разберем это подробнее, рассматривая направление токов и напряжений инвертора в характерные моменты периода.

Напряжение трансформатора u_T (см. рис. 95, б и 96, а) изменяется по синусоиде, а генератора u_2 постоянно по величине и направлению.

В момент t_1 , как и в любой другой до t_2 , открыты вентили 1 и 3, а вентили 2 и 4 закрыты. Под действием напряжения u_2 ток $i_{рек}$ через обмотку трансформатора течет против напряжения u_T (рис. 96, б), так как $u_2 > U_T$.

Вентили 2 и 4 открываются в момент t_2 . В течение короткого интервала времени $t_2 - t_3$ открыты все четыре вентили (рис. 96, в). В это время шины «+» и «-» накоротко замкнуты двумя парами вентилей. Но благодаря наличию напряжения u_T ток вентилей не успевает возрасти до опасного значения. Напряжение u_T в верхнем контуре (обмотка трансформатора, вентиль 1, шина «+», вентиль 2, обмотка трансформатора) способствует резкому уменьшению тока вентилей 1 и столь же резкому увеличению тока вентилей 2. В нижнем контуре (обмотка трансформатора, вентиль 4, шина, вентиль 3, обмотка трансформатора) оно способствует резкому увеличению тока вентилей 4 и уменьшению тока вентилей 3. Напряжение u_1 , как бы коммутирует, перераспределяет токи между одновременно открытыми вентилями. Поэтому процесс называется коммутацией.

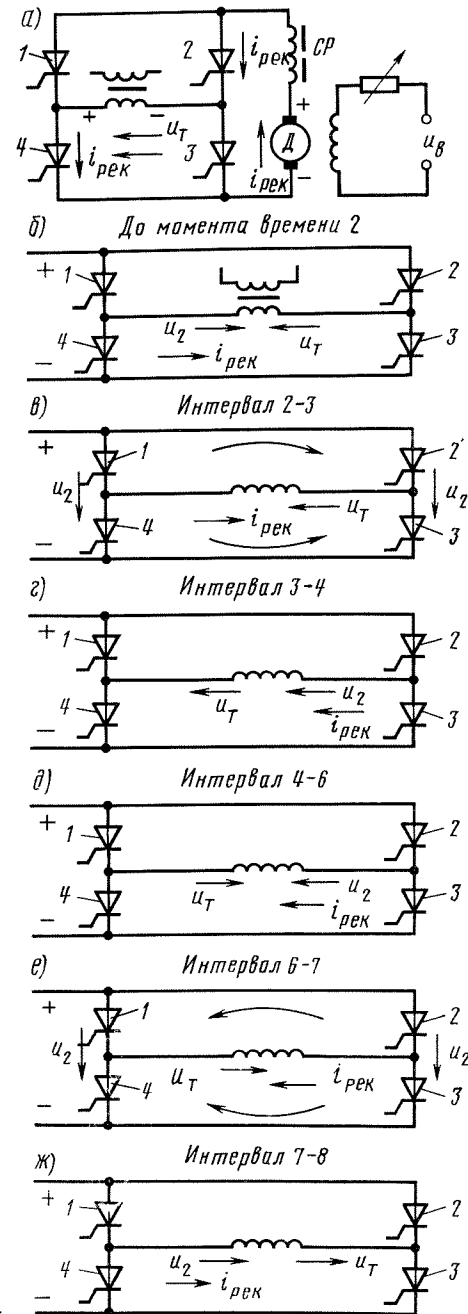


Рис. 96. Принципиальная схема инвертора

После уменьшения токов вентилях 1 и 3 до нуля (момент t_3) они запираются. В работе остаются вентили 2 и 4 (рис. 96, з). В интервале $t_3—t_4$ уменьшающееся напряжение u_T направлено в ту же сторону, что и напряжение u_2 , и ток от суммарного напряжения быстро возрастает. В момент t_4 напряжение $u_T=0$, а затем, изменив направление, быстро возрастает. Ток под действием напряжения u_2 продолжает протекать против напряжения u_T , среднее значение которого меньше напряжения u_2 (рис. 96, д).

К концу второго полупериода в момент t_6 открываются вентили 1 и 3, и опять в течение интервала времени $t_6—t_7$ открыты все четыре вентили и происходит очередная коммутация. Токи вентилях 2 и 4 под действием напряжения u_T (рис. 96, е) резко уменьшаются, а вентили 1 и 3—увеличиваются. В интервале $t_7—t_8$ (рис. 96, ж) ток под действием суммарного напряжения u_T+u_2 быстро возрастает. Затем, после того как напряжение u_T в момент t_8 меняет направление, в цепях инвертора повторяются те же процессы, с которых было начато рассмотрение инвертирования (см. рис. 96, б).

Моменты открытия t_2 (вентилей 1 и 3) и t_6 (вентилей 2 и 4) отсчитывают от точки перехода напряжения u_T через нуль (см. рис. 95, б). Интервал от момента t_2 (t_6) до момента t_4 (t_8) в угловом измерении носит название угла опережения β . Угол $\beta=\gamma+\delta$ (см. рис. 95, б), где γ —угол коммутации; δ —угол запаса, необходимый для восстановления запирающих свойств вентиля (тиристора).

Процесс инвертирования сложнее выпрямления, и вероятность возникновения аварийных режимов при инвертировании больше. Если, например, пропуск открытия вентиля при выпрямлении не влечет за собой никаких ощутимых последствий, то во время инвертирования это приводит к тяжелому аварийному режиму. Так, если в первый полупериод (см. рис. 96, б) в момент t_2 , когда должны открыться вентили 2 и 4, они почему-либо не откроются, то вентили 1 и 3 не закроются и в течение следующего полупериода, когда напряжение u_T направлено согласно с напряжением u_2 , под действием суммарного напряжения генератора и трансформатора в цепи возникнет большой аварийный ток. Такой аварийный режим называют *опрокидыванием инвертора*.

Аварийный режим наступит и в том случае, если вентили, например 2 и 4, отпираются, но с запаздыванием—не в момент t_2 , а позже. Тогда быстро уменьшающееся напряжение u_T (см. рис. 96, в) не успеет осуществить коммутацию и уменьшить токи вентилях 1 и 3 до нуля; вентили не закроются до момента t_4 , и опять произойдет опрокидывание инвертора.

Следовательно, исходя из требования высокой надежности работы инвертора угол β желательно выбирать большим. Однако при увеличении угла β ухудшается коэффициент мощности электровоза, увеличиваются пульсации тока рекуперации, ухудшается коммутация двигателей и усиливается влияние тягового тока на линии связи. Поэтому угол β выбирают минимальным, но достаточным для устойчивой работы инвертора.

§ 31. Виды электрического торможения

Электрическое торможение возможно благодаря обратимости электрических машин, т. е. благодаря тому, что электрическая машина может работать как двигателем, так и генератором. Чтобы осуществить торможение, тяговые двигатели переводят в генераторный режим. Получающийся при этом генераторный (тормозной) момент стремится задержать вращение связанных с двигателями осей колесных пар, чем и достигается эффект торможения.

Тормозной момент при электрическом торможении получается за счет потенциальной энергии поезда в случае подтормаживания на спуске при постоянной скорости движения или за счет кинетической энергии при торможении, которое сопровождается замедлением движения поезда. Энергия, вырабатываемая тяговыми двигателями при электрическом торможении, может быть погашена в резисторах либо возвращена обратно в контактную сеть. Первый вид электрического торможения называют *реостатным*, а второй—*рекуперативным*.

На электровозах переменного тока в зависимости от условий их использования применяют как реостатное, так и рекуперативное торможение.

Система реостатного торможения с самовозбуждением двигателей. Наиболее простой для тяговых двигателей постоянного тока последовательного возбуждения является система реостатного торможения с самовозбуждением двигателей, перекрестным соединением якорей и обмоток главных полюсов (рис. 97). Как видно из рис. 97, во время торможения тяговые двигатели работают в качестве генераторов с последовательным возбуждением. Чтобы обеспечить переход из тягового режима в тормозной, предварительно пересоединяют обмотки якорей или главных полюсов, так как только при этом двигатели могут самовозбуждаться, переходя в генераторный режим. Перекрестное соединение обмоток якорей и главных полюсов обеспечивает электрическую устойчивость работы цепей.

При перегрузке одного из двигателей, работающих в качестве генераторов, соответственно увеличивается ток в обмотке возбуждения недогруженного двигателя, а следовательно, и его нагрузка. Таким образом, нагрузки машин выравниваются.

В случае большого количества двигателей система реостатного торможения может быть построена, как и при двух двигателях с перекрестным соединением якорей и обмоток возбуждения; такую схему обычно называют *циклической*.

Для осуществления реостатного торможения тяговые двигатели отключают от сети и соединяют с резисторами. На электровозах постоянного тока или электровозах двойного питания с реостатным

пуском, как правило, в качестве тормозных используют пусковые реостаты с таким расчетом, чтобы по возможности не увеличивать число контакторов, принятых для пускового режима. Однако в этом случае реостаты должны быть рассчитаны на поглощение сравнительно большой мощности в режиме торможения.

Преимуществом системы реостатного торможения с самовозбуждением двигателей, помимо простоты схемы, является также независимость работы и, следовательно, тормозного процесса от наличия напряжения в контактной сети. Такая система реостатного торможения применена на электровазгах двойного питания ВЛ82. Она может быть применена и на электровазгах переменного тока, однако на них осуществляют почти исключительно реостатное торможение с независимым возбуждением тяговых двигателей. Это объясняется тем, что на электровазгах переменного тока сравнительно легко создать независимое питание обмоток возбуждения, что позволяет автоматизировать процесс реостатного торможения.

Система реостатного торможения с независимым возбуждением двигателей. В зависимости от способа питания обмоток возбуждения в режиме реостатного торможения, а также от числа последовательно включенных двигателей на один тормозной резистор на электровазгах переменного тока применяют различные схемы цепей реостатного торможения.

Последовательное соединение двух двигателей на один резистор в тормозном режиме нельзя считать целесообразным, так как это приводит к существенному ухудшению противоюзных свойств электровазга. Включение каждого тягового двигателя на отдельный тормозной резистор обеспечивает лучшие противоюзные свойства. При этом в случае возникновения юза тормозной момент тягового двигателя, связанного с колесной парой, потерявшей сцепление, уменьшается пропорционально росту скорости проскальзывания колес, что исключает возможность остановки колесных пар.

Реостатное торможение с независимым возбуждением двигателей от вторичной обмотки тягового трансформатора через специальный выпрямитель и с включением каждого двигателя на отдельный тормозной резистор применено на электровазгах ВЛ80^т (рис. 249). Переход из режима тяги в режим реостатного торможения осуществ-

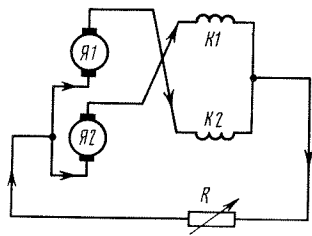


Рис. 97. Схема с перекрестным соединением якорей и обмоток возбуждения при реостатном торможении

ляется с помощью тормозных переключателей 49, 50 и контакторов цепи возбуждения 46 и 47. При этом якорь каждого тягового двигателя замыкается на отдельный тормозной резистор постоянного сопротивления, а обмотки возбуждения всех двигателей соединяются последовательно и получают независимое питание от двух секций 02-8 и 8-7 вторичной обмотки трансформатора через тиристорную преобразовательную установку 60, включенную по схеме двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом.

Регулирование тормозной силы производится путем изменения тока возбуждения тяговых двигателей, что можно осуще-

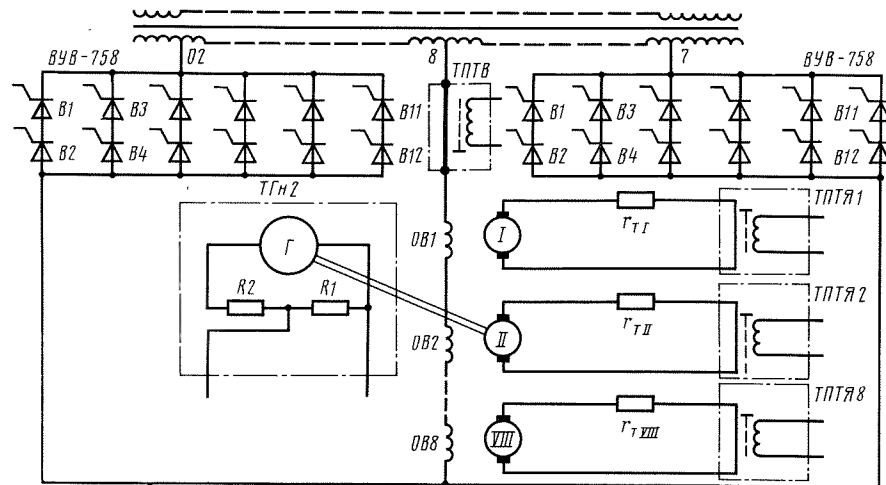


Рис. 98. Принципиальная схема силовых цепей электровазга ВЛ80^т в режиме реостатного торможения

ствить различными способами. Наиболее простым и экономичным является способ, предусматривающий использование тиристорных, которые выполняют две функции: выпрямляют ток и позволяют регулировать его значение.

Рассмотрим характерные особенности выпрямительных установок возбуждения (ВУВ) применительно к электровазгу ВЛ80^т. В режиме реостатного торможения цепь каждого якоря I—VIII (рис. 98) замкнута на отдельный нерегулируемый тормозной резистор $r_{тI}$ — $r_{тVIII}$. К обмоткам возбуждения 0B1—0B8, соединенным последовательно, подводится ток, выпрямленный по двухполупериодной схеме с нулевой точкой. Управляемые вентили—тиристоры собраны в две выпрямительные установки возбуждения. Контроль токов возбуждения и якоря осуществляют с помощью трансформаторов постоянного тока ТПТВ и ТПТЯ, а контроль скорости при реостатном торможении—с помощью тахогенераторов ТГн, установленных на 2, 3, 6 и 7-й осях электровазга.

Реостатное торможение с независимым возбуждением тяговых двигателей I—VI и включением каждого двигателя на отдельный тормозной резистор 0B0 или 0B1 (рис. 99) применено также на электровазге ЧС4^т. Все обмотки возбуждения 050—055 соединяются последовательно и питаются от преобразовательной установки 021, которая подключена к выводам F и E специальной обмотки тягового трансформатора. Отключение тяговых двигателей от выпрямительных установок 020 и 022, питающих силовую схему в режиме тяги, а также сбор цепей реостатного торможения производится с помощью контактов переключателя «ход—торможение» (контакты 071₀₇—071₁₉) и разъединителя двигателей (контакты 071₀₁—071₀₆), а также контактора цепи возбуждения 037. На схеме рис. 99 положения контактов переключателя и разъединителя двигателей показаны соответствующими режиму реостатного торможения.

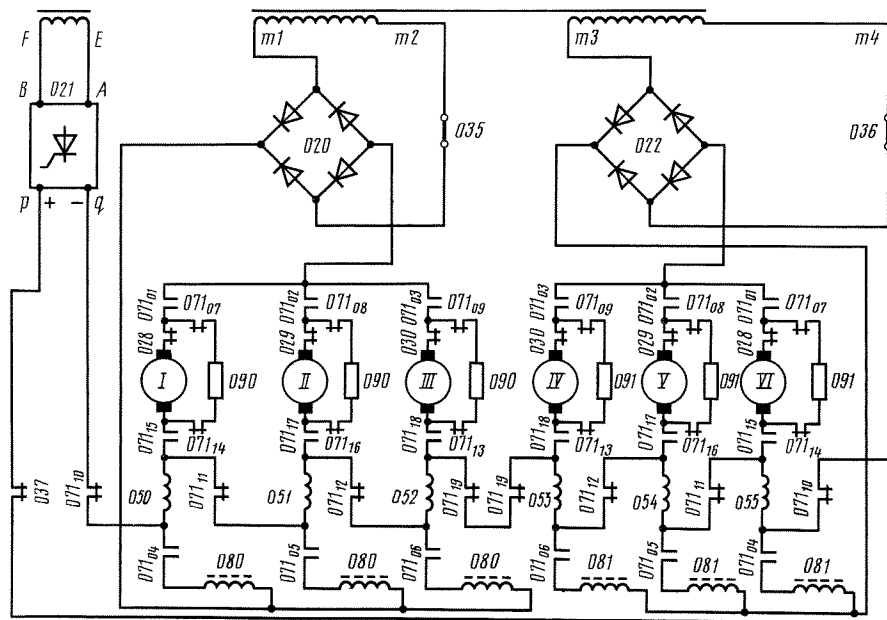


Рис. 99. Принципиальная схема силовых цепей электровоза ЧС4^Т в режиме реостатного торможения

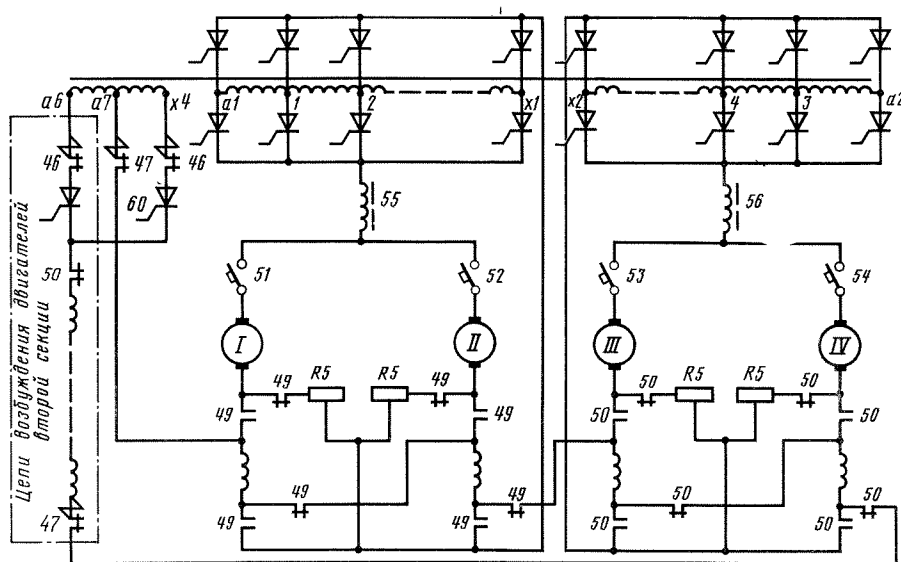


Рис. 100. Принципиальная схема цепей электровоза ВЛ80^Р в режиме рекуперативного торможения

Рекуперативное торможение. Для осуществления рекуперативного торможения на электровозах переменного тока используют возможность работы преобразователя в инверторном режиме (см. § 30). При этом на электровозах со статическими преобразователями добавляется оборудование, необходимое для независимого возбуждения тяговых двигателей в генераторном режиме, ограничения токов короткого замыкания в случае опрокидывания инвертора, быстродействующей защиты в цепях двигателей, а также аппаратуры управления тормозным процессом. Кроме того, должны быть установлены блоки автоматического регулирования угла открытия тиристорov. Для обеспечения необходимого наклона характеристик двигателей в генераторном режиме в цепь якорей включают добавочные стабилизирующие резисторы, которые, кроме того, ограничивают токи короткого замыкания при аварийных режимах, облегчают условия работы защиты и уменьшают расхождение токов в параллельных цепях двигателей.

Рекуперативное торможение осуществлено на электровозах переменного тока ВЛ80^Р (рис. 100). Перевод силовых цепей из режима тяги в режим электрического торможения осуществляется, как и на электровозах ВЛ80^Т, с помощью тормозных переключателей 49, 50 и контакторов цепи возбуждения 46 и 47. При этом якорь каждого тягового двигателя отключается от обмотки возбуждения и подключается последовательно со стабилизирующим резистором R5 к выпрямительно-инверторному преобразователю. Стабилизирующие резисторы R5 необходимы для обеспечения электрической устойчивости при параллельной работе инвертора и генерирующих тяговых двигателей. Обмотки возбуждения всех тяговых машин 1-й и 2-й секций электровоза соединяются последовательно и питаются через выпрямительную установку возбуждения (ВУВ) от обмотки а6-х4 тягового трансформатора 1-й секции.

В режиме рекуперации электровоза тормозное усилие регулируется в зоне высоких скоростей плавным изменением тока возбуждения, а в зоне малых скоростей — плавным изменением э.д.с. инвертора. Регулирование тормозного усилия плавным изменением тока возбуждения осуществляется путем изменения угла открытия тиристорov выпрямительных установок возбуждения 60. Плавное регулирование э.д.с. инвертора производится подачей импульсов управления на управляющие электроды тиристорov с помощью системы авторегулирования инвертора. Схемой предусмотрены четыре зоны регулирования.

Выпрямительно-инверторный преобразователь электровоза ВЛ80^Р осуществляет бесконтактное регулирование напряжения как в выпрямительном, так и в инверторном режимах.

§ 32. Автоматическое регулирование тормозной силы при электрическом торможении

Электрическое торможение как реостатное, так и рекуперативное имеет определенные ограничения в использовании. Так, при реостатном торможении приходится считаться с ограничениями по условиям коммутации двигателей, мощности резисторов по нагреву, а также

ТРАНСФОРМАТОРЫ И РЕАКТОРЫ

§ 33. Общие сведения о трансформаторах

максимальной тормозной силы, определяемыми условиями сцепления и противоюзowymi свойствами электровоза. При рекуперативном торможении нужно иметь в виду ограничения по коммутации и нагреву двигателей, а также по условиям сцепления. Указанные ограничения должны соблюдаться в процессе электрического торможения во избежание повреждения оборудования электровоза.

Эффективность электрического торможения в значительной степени зависит от стабилизации скорости движения по спуску. При реостатном торможении получить жесткую стабилизацию скорости движения с помощью ручного регулирования сравнительно трудно, поэтому необходимо применять автоматическое регулирование тормозной силы.

При жестких тормозных характеристиках в случае движения по спуску с переменным профилем пути возникает опасность выхода за пределы ограничений, допустимых для электрического торможения. Особенно опасно превышение тормозной силы по условиям коммутации тяговых двигателей. Поэтому с целью более полного использования возможностей реостатного торможения целесообразно применять систему автоматического регулирования, обеспечивающую изменение тормозной силы с учетом всех ее ограничений. Систему автоматического регулирования целесообразно применять как при движении с постоянной скоростью по спуску, так и при остановочном торможении. Такая система применена на электровозах ВЛ80^т с реостатным торможением. Для управления режимом реостатного торможения при наличии этой системы нужно поставить тормозную рукоятку контроллера в положение, соответствующее задаваемой скорости движения по спуску.

При рекуперативном торможении для обеспечения устойчивой работы инвертора (без опрокидывания), а также для создания наиболее благоприятного режима работы его без излишнего увеличения угла запаса целесообразно применять автоматическое регулирование угла открытия вентилей. Регулирование процесса рекуперации можно осуществлять, воздействуя на напряжение цепи возбуждения тяговых двигателей, на напряжение вторичной обмотки тягового трансформатора или на угол опережения открытия инвертора. Первый способ целесообразно применять для торможения на спусках в сравнительно узком диапазоне скоростей; второй и третий — для торможения при остановке поезда.

На электровозе переменного тока установлен тяговый трансформатор, который понижает напряжение контактной сети, равное 25 000 В, до номинального напряжения тяговых двигателей. На электровозах ВЛ80^т напряжение на зажимах тягового двигателя составляет 950 В, на ВЛ60^к — 1600 В и на ЧС4^т — 800 В.

Если первичную обмотку трансформатора (высшего напряжения) с вводами А и Х (рис. 101) присоединить, например, к электрической сети переменного тока с частотой 50 Гц, то ток i_1 , протекающий по этой обмотке, вызовет в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток Φ той же частоты. Под действием этого потока во вторичной обмотке (низшего напряжения) с вводами а и х возникает э. д. с. Если вторичная обмотка будет замкнута на какой-либо приемник электроэнергии, например на резистор R , то по замкнутой цепи потечет ток i_2 .

Трансформатором называют статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.

Очень важно, чтобы линии магнитного потока Φ имели наибольшее количество сцеплений с обеими обмотками трансформатора. Такое состояние характеризует наилучшую электромагнитную связь между первичной и вторичной обмотками.

Однако часть линий магнитного потока Φ не сцепляется с обеими обмотками. Действительно, ток i_1 создает поток, часть которого имеет сцепление только с первичной обмоткой трансформатора, а ток i_2 — магнитный поток, сцепленный только со вторичной обмоткой. Эти потоки называют потоками рассеяния. Наличие потоков рассеяния обуславливает индуктивное сопротивление обмоток трансформатора, которым в случае коротких замыканий ограничивается ток.

Передача энергии из первичной обмотки во вторичную производится с высоким коэффициентом полезного действия, достигающим 99%. Соотношения между токами и напряжениями первичной и вторичной цепей трансформатора выражают через коэффициент трансформации k_T . С достаточной степенью точности можно считать, что отношение первичного напряжения u_1 ко вторичному u_2 равно отношению чисел витков соответственно w_1 и w_2 этих обмоток:

$$k_T = u_1 / u_2 = w_1 / w_2.$$

На электровозах переменного тока устанавливают в качестве тягового понижающий трансформатор. Пользуясь приведенным соотношением, можно установить, что в таком трансформаторе ток i_1

меньше тока i_2 в k_T раз. Для питания вспомогательных машин электровоза переменного тока в трансформаторах устраивают третью обмотку (собственных нужд) с числом витков, обеспечивающим необходимое напряжение.

К вторичным обмоткам тяговых трансформаторов электровозов подключены выпрямительные установки.

В процессе выпрямления тока может возникнуть аварийное состояние (например, пробой плеча), при этом вторичная обмотка оказывается замкнутой накоротко. В этих случаях на все части трансформатора действуют механические и термические нагрузки, вызывающие ослабление крепления обмоток. Вот почему конструкция обмоток трансформатора должна иметь высокую механическую прочность, а после тяжелых коротких замыканий требуется проводить ревизию трансформатора и всех его элементов.

Трансформаторы состоят из магнитопровода или сердечника, обмоток первичной и вторичных, бака, на крышке которого расположены все вводы.

Различают магнитопроводы двух типов: стержневые, используемые обычно в трансформаторах с регулированием напряжения на вторичной стороне, и броневого, применяемые при регулировании на первичной стороне трансформатора. Магнитопровод стержневого типа (рис. 102) охватывает обмотку только с торцов, а с боков она остается открытой. Магнитопровод броневого типа (рис. 103) охватывает обмотку и с торцов, и с боков.

Магнитопровод (рис. 104) имеет два стержня 5 и два ярма 2, которые собраны из листов (толщиной 0,5 мм) электротехнической стали с высокой магнитной проницаемостью и малыми удельными магнитными потерями. Каждый лист покрывают тонким слоем изоляционного лака, чем достигается снижение потерь на вихревые токи. Стержни 5 имеют ступенчатое сечение: технологически выполнить такие стержни проще, чем стержни круглого сечения. Стержни собирают из отдельных листов прямоугольной формы, соединяя их в пакеты стяжными болтами 4, изолированными от стали бакелитовыми трубками и шайбами. Листы стали прямоугольного сечения, образующие ярмо 2, стягивают с обеих сторон швеллерными балками 1, соединенными стяжными болтами 3.

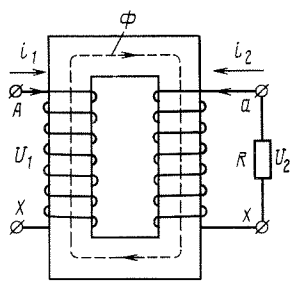


Рис. 101. Принципиальная схема трансформатора

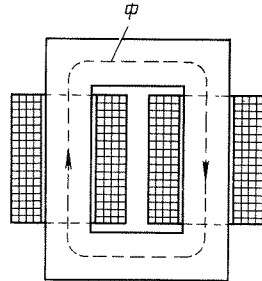


Рис. 102. Схема стержневого магнитопровода

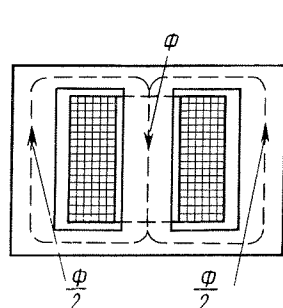


Рис. 103. Схема броневого магнитопровода

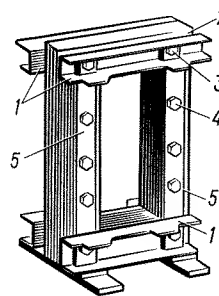


Рис. 104. Стержневой магнитопровод

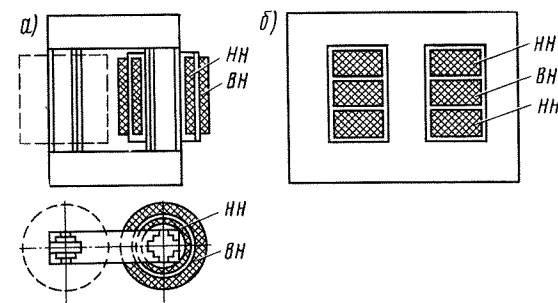


Рис. 105. Концентрическое (а) и чередующееся (б) расположение обмоток

В тяговых трансформаторах применяют концентрическое (рис. 105, а) и чередующееся (рис. 105, б) расположение обмоток низшего НН и высшего ВН напряжения. Концентрические обмотки обычно применяют в трансформаторах стержневого типа, а чередующиеся — в трансформаторах броневого типа. Обмотки трансформатора изготовляют из меди прямоугольного сечения. В качестве изоляции обмоток используют специальную бумагу.

Трансформаторы выполняют с принудительным масляным охлаждением. Это позволяет получить наименьшие массу и габариты трансформатора вследствие значительного улучшения условий теплоотдачи по сравнению с теплоотдачей при естественном охлаждении. Кроме того, трансформаторное масло обладает высокими электроизоляционными свойствами, поэтому между обмотками и другими деталями его активной части расстояния могут быть значительно меньшими, чем при отсутствии масла.

Бак трансформатора полностью заполняют специальным минеральным маслом.

Масло имеет соломенно-желтый цвет, удельный вес 900 кг/м^3 . Необходимо, чтобы в масле не было механических примесей и воды. Изоляционные свойства масла характеризуют пробивным напряжением, которое должно составлять 30 кВ/мм в эксплуатации и не менее 35 кВ/мм для нового масла.

Температура вспышки масла равна $+135^\circ \text{C}$, а застывания около -45°C .

Все соединения бака выполняют электросваркой, в качестве уплотнений применяют в виде прокладок и шайб маслостойкую резину. На баке устанавливают расширитель, в который поступает из бака избыток масла при увеличении его объема в результате нагревания. Расширитель изготовляют из листовой стали. Вместимость его устанавливают исходя из необходимости обеспечить постоянное заполнение бака маслом при любых возможных нагрузках трансформатора и колебании наружной температуры от -60 до $+40^\circ \text{C}$.

Как известно, в процессе работы трансформатора в его обмотках и стальных стержнях магнитной системы происходят потери мощности, которые в виде тепла выделяются в окружающее пространство. ГОСТ 11677—75 установлены наибольшие допускаемые превышения

температур сверх температуры окружающего воздуха, принятой равной 30° С:

Обмотка трансформатора	65° С
Сердечник магнитной системы (на его поверхности)	75° С
Трансформаторное масло (в верхних слоях)	60° С

Следовательно, температура обмоток не должна превосходить 95° С, а масла 90° С.

Для трансформаторов, работающих на электровозах, допускают следующие перегрузки по сравнению с номинальным выпрямленным током: 30% в течение 2 ч и 60% в течение 45 мин. Промежуток времени между двумя перегрузками должен составлять не менее 3 ч. Такие условия вполне отвечают требованиям эксплуатации электро-возов, тяговые двигатели которых, как правило, работают с резко изменяющимися нагрузками.

Основные технические данные трансформаторов—номинальные значения мощности, напряжения, нагрузок и др.—указаны на заводских щитках, располагаемых на баке трансформатора. Там же указаны условия работы, для которых предназначен трансформатор, и приведены схемы соединения всех обмоток, а также схема расположения вводов на его крышке.

§ 34. Тяговые трансформаторы

На электровозах ВЛ80^т установлены трансформаторы типа ОДЦЭ-5000/25Б, на ВЛ60^к—типа ОЦР-5600/25. В обозначении типов трансформаторов буква О указывает на число фаз (однофазный), Ц—на принудительную циркуляцию масла, Д—на принудительное воздушное дутье, Р—на назначение трансформатора (питание ртутных выпрямителей) и Э—на принадлежность его электровозу. Числитель дроби означает типовую мощность трансформатора в киловольт-амперах (кВ·А), знаменатель—номинальное напряжение на первичной обмотке в киловольтах (кВ).

Все эти трансформаторы выполнены с регулированием напряжения на вторичной стороне. На электровозах ЧС4^т установлен тяговый трансформатор с регулированием напряжения на стороне высшего напряжения.

Основные технические данные тяговых трансформаторов, применяемых на электровозах переменного тока, приведены в табл. 3.

Трансформатор ОДЦЭ-5000/25Б (рис. 106), установленный на электровозе ВЛ80^т, состоит из магнитопровода стержневого типа, на котором концентрически расположены три обмотки. Магнитопровод имеет два стержня. Система охлаждения циркуляционная, масляная, принудительная.

На крышке 12 восьмигранного бака 21 расположены вводы трансформатора: два ввода 19(А и Х) обмотки высшего напряжения и четырнадцать вводов 17 обмотки низшего напряжения—по семь с одной стороны трансформатора (х1, 1, 2, 3, 4, 01 и а1) и с другой (х2, 5, 6, 7, 8, 02 и а2). На крышке находятся четыре ввода 16 обмотки

вспомогательных цепей (а3, а4, а5 и х). Эти обмотки также называют обмотками собственных нужд.

На опорах 18 крышки устанавливают переходные реакторы (на рисунке не показаны) и стойки 22 для группового переключателя ступеней.

Кольца на крышке бака служат для подъема и опускания активной 7 (выемной) части трансформатора. При установке активной части в бак трансформатора для предупреждения возможных перемещений предусмотрено устройство, которое в нижней части торцовых стенок бака имеет два упора 15, фиксирующих положение выемной части. Отверстия в баке в местах установки упоров закрыты съемными заглушками 14.

Расширитель 2 имеет маслоуказатель 1, на котором нанесена отметка минимального уровня масла, допустимого в эксплуатации. На боковой стенке расширителя установлен термосигнализатор для контроля за температурой масла.

Для заполнения бака маслом и слива масла в нижней части бака установлен фланцевый вентиль, а для взятия пробы масла имеется специальная пробка. Доливают масло в трансформатор через отверстие на расширителе, нормально закрытое пробкой 13. Часть расширителя над поверхностью масла заполнена воздухом, который сообщается с атмосферой через отверстие в пробке 11.

Таблица 3

Показатели	Значение показателя трансформатора типа		
	ОДЦЭ-5000/25Б	ОЦР-5600/25	ЛТС-7,85/25
Типовая мощность, кВ·А	5 000	5 600 *	7 850
Номинальная мощность собственных нужд, кВ·А	225	300	275
Напряжение холостого хода, В, обмоток:			
высшего напряжения	25 000	25 000	25 000
низшего напряжения	1 218	2 060	1 040
собственных нужд	638/406/232	399 **	260/213
цепи отопления	—	3 027	3 092
Номинальный ток нагрузки, А, обмоток:			
высшего напряжения	185	210	314
низшего напряжения	1 750	2 700	3 300
собственных нужд	550/1000	750	770
цепи отопления	—	264	264
Масса трансформатора, кг:			
общая	7 800	11 300	11 600
выемной части	4 360	6 200	7 100
бака с арматурой	1 610	2 500	2 300
масла	1 830	2 600	2 200

* Трансформаторы ОЦР-5600/25П для электровозов ВЛ60^п имеют обмотку цепи отопления мощностью 800 кВ·А: на крышке вводы а3-а4. Мощность тяговой обмотки этих трансформаторов на 800 кВ·А меньше, чем у трансформаторов для грузовых электровозов.

** Часть трансформаторов выпущена с обмоткой собственных нужд на 210/399 и 630 В.

На трансформаторе предусмотрены четыре конусообразные опоры 5, приваренные к балкам 10. При установке в кузов электровоза между опорами трансформатора и кузова располагают резиновые конусы, смягчающие при движении резкие толчки и удары. После установки в кузове бак трансформатора надежно заземляют на корпус электровоза, для чего на баке имеется специальная бобышка.

Принудительное масляно-воздушное охлаждение трансформатора с направленной циркуляцией масла осуществляется насосом 20 через теплообменники 6, состоящие из шести радиаторных секций, расположенных по три на каждой стороне бака. Масло из бака поступает в электронасос, оттуда по трубам в теплообменники 6, а по патрубкам внизу, уже охлажденное, возвращается в трансформатор и направляется в нижнюю часть ярмовой балки 9, затем через кольцевые пазы поступает в каналы обмоток. В теплообменнике масло охлаждается воздухом, поступающим в каналы 3 от вентилятора. Пройдя теплообменники, воздух выбрасывается наружу.

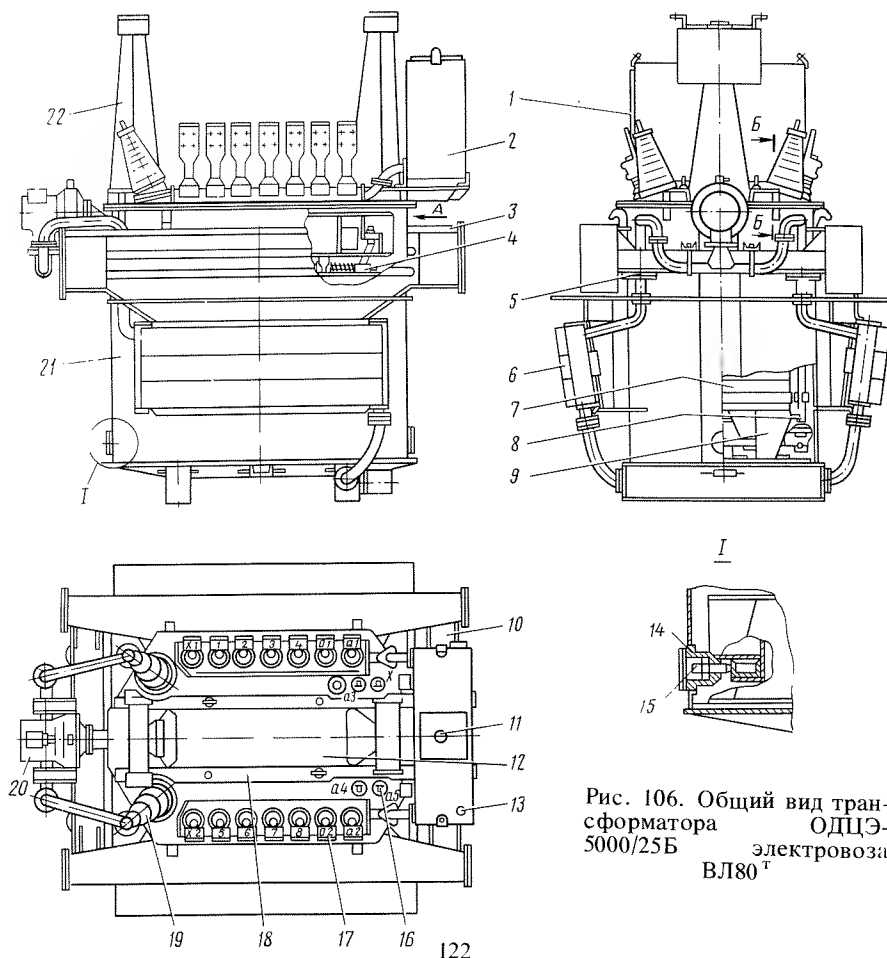


Рис. 106. Общий вид трансформатора ОДЦЭ-5000/25Б электровоза ВЛ80^Т

В трансформаторе применено специальное устройство, прессующее обмотки. Это устройство 4 (рис. 108) создает усилия, передающиеся через металлическое кольцо 3 на ярмовую изоляцию 2 и обмотки 1 трансформатора.

С течением времени происходит усадка изоляции обмоток трансформатора. Чтобы обеспечить механическую прочность обмоток даже при усадке изоляции, применяют автоматическое прессующее устройство (рис. 108).

На ярмовой балке 8 располагают два специальных винта 1. Между винтом и башмаком 3 находится стержень 2. Башмаки насажены на шпильку 6; на башмаки воздействует пружина 5, один конец которой заделан в неподвижный упор 4. По мере усадки изоляции обмоток под действием пружин 5 стержень 2 стремится принять вертикальное положение. Так как один конец его закреплен на балке 8 в специальном винте 1, то другой конец с башмаком будет скользить по металлическому кольцу 7 и, нажимая на него, прессовать обмотки трансформатора. Для работы прессующего устройства необходимо, чтобы пружины 5 находились в сжатом состоянии. Это состояние первоначально создается стяжными гайками 9 и шайбами. После того как винтами 1 будет обеспечиваться удержание пружин 5 в сжатом состоянии, гайки и шайбы удаляют.

Трансформатор имеет три обмотки.

Первичная (сетевая) обмотка трансформатора рассчитана на номинальное напряжение 25 кВ. Мощность ее равна 4485 кВ·А. Эта обмотка непрерывная, она состоит из двух частей, расположенных на обоих стержнях магнитопровода.

Обе части обмотки соединены параллельно (рис. 109).

Вторичная (тяговая) обмотка трансформатора состоит из двух плеч. Плечо вторичной обмотки между вводами 01-а1 и 02-а2 имеет напряжение холостого хода 1218 В. Каждое плечо состоит из двух частей: секционированной 1-01 и 02-5 и несекционированной 1-02 и 01-5.

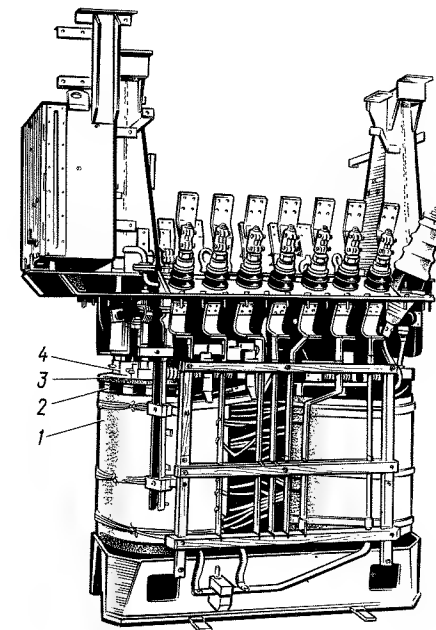


Рис. 107. Трансформатор ОДЦЭ-5000/26Б без бака

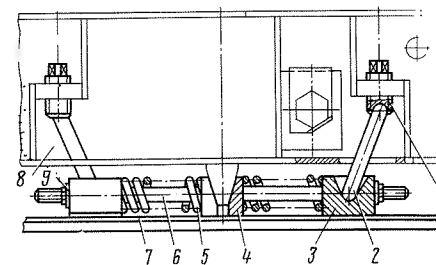


Рис. 108. Автоматическое прессующее устройство

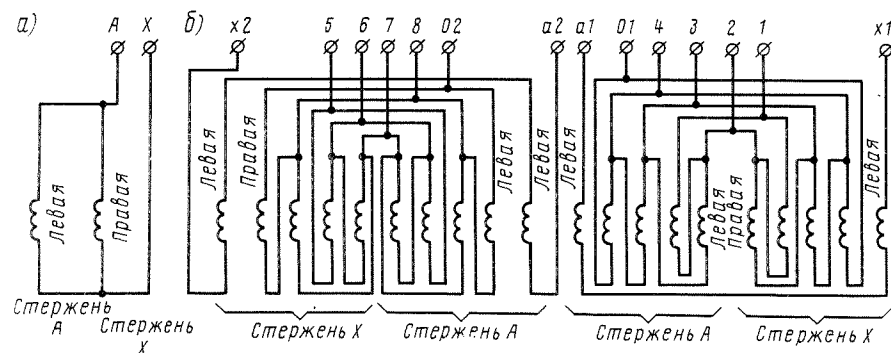


Рис. 109. Принципиальные схемы соединения обмоток высшего (а) и низшего (б) напряжений

ванной $a1-x1$ и $a2-x2$. Последние рассчитаны на напряжение 638 В. Секционированная часть обмотки состоит из четырех секций. Напряжение одной секции 145 В. Принятая схема позволяет получить на электровозе ВЛ80^т различные напряжения холостого хода (табл. 4).

Третья обмотка трансформатора (также вторичная) предназначена для питания вспомогательных цепей и машин электровоза. Мощность этой обмотки 225 кВ·А. При напряжении на первичной обмотке 25 кВ в режиме холостого хода напряжение между вводами обмотки $a3-x$ составляет 638 В, между $a4-x$ —406 В и между $a5-x$ равно 232 В. Обмотка собственных нужд допускает работу в аварийных режимах—при питании всех вспомогательных машин двух секций электровоза от обмотки собственных нужд одной секции без ограничения времени, длительно при токе 1000 А.

Магнитопровод с обмотками представляет собой так называемую активную часть трансформатора. Непосредственно у стержней магнитопровода расположены на цилиндрах несекционированные части обоих плеч вторичной обмотки, что упрощает изоляцию их от стали сердечника. Затем располагают цилиндр с обмоткой высшего напряжения и, наконец, третье, наружное, концентрическое кольцо составляют секционированные части обоих плеч вторичной обмотки, также собранные на бакелитовых цилиндрах.

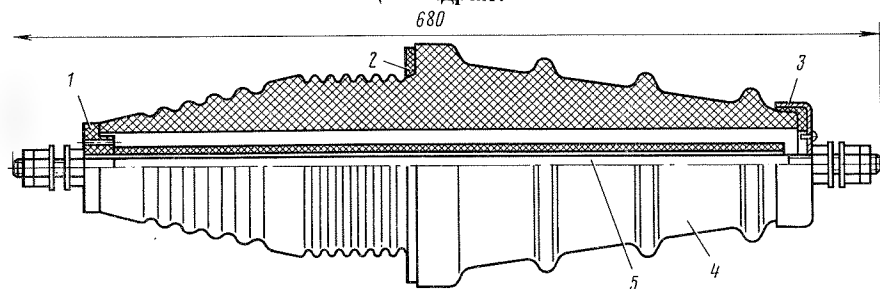


Рис. 110. Ввод трансформатора на 35 кВ

Размещение секционированной части вторичных обмоток снаружи облегчает конструктивное и технологическое выполнение отводов от этих обмоток. Изготавливают отводы из медных шин. Они скреплены друг с другом и прикреплены к основанию деревянными клицами. Отводы от обмотки высшего напряжения выполняют изолированными проводами; отводы заканчиваются демпферами—набором тонких медных пластин большой гибкости.

Обмотка собственных нужд расположена на каждом стержне магнитопровода. Она выполнена в виде двух двойных дисковых катушек, одна из которых размещена на 1/4, а другая на 3/4 высоты наружного бакелитового цилиндра. Расстояние между обмотками на каждом цилиндре фиксируют изоляционными пластинками, укрепляемыми на рейке. Сверху и снизу обмоток располагают опорные кольца, которые изолируют обмотки от яра магнитопровода.

Соединение отводов 8 (см. рис. 106) обмоток с вводами трансформатора выполняется демпферами из гибких медных проводников.

На крышке трансформатора устанавливают вводы. Высоковольтный ввод на 35 кВ (рис. 110) состоит из изолятора 4, через который проходит медный стержень 5. На внешнем конце ввода имеется колпак

Таблица 4

Секции тяговой обмотки	Соединение частей обмоток	Напряжение холостого хода, В	Позиция контроллера
$a1-01$; $a2-02$	Согласное для $x1-1$ и $x2-5$	1218	33-я
$a1-4$; $a2-8$		1073	29-я
$a1-3$; $a2-7$		928	25-я
$a1-2$; $a2-6$		783	21-я
$a1-x1$; $a2-x2$		638	17-я
$a1-4$; $a2-8$	Встречное для $x1-01$ и $x2-02$	493	13-я
$a1-3$; $a2-7$		348	9-я
$a1-2$; $a2-6$		203	5-я
$a1-1$; $a2-5$		58	1-я

3, скрепленный с изолятором цементным раствором, а на другом конце шайба 1. Ввод устанавливают на крышке, прокладывая резиновую шайбу 2.

Вводы на вторичной стороне трансформатора на 2000 А тяговой цепи и 1000 А вспомогательной цепи (рис. 111) также состоят из изолятора 3 и проходящего через него стержня 1. На внешнем конце имеются контактные зажимы 7, прикрепленные к стержню болтами. Колпак 9 с кольцами 5 и 6 и шайбой 4 крепят на изоляторе гайкой 8. На другом конце имеется втулка 10. Вводы устанавливают на крышке трансформатора, прокладывая резиновую шайбу 2.

Для контроля температуры масла в расширителе трансформатора установлен термосигнализатор типа ТС. Он имеет стрелку и шкалу, отградуированную в градусах Цельсия, и полу (манометрическую)

пружину. Пружина соединена капиллярной трубкой с теплоприемником, помещенным в бак трансформатора. Пружина, капиллярная трубка и теплоприемник образуют замкнутую систему, заполненную жидкостью. При нагреве масла в трансформаторе объем жидкости в системе термосигнализатора увеличивается, что приводит к деформации пружины и перемещению стрелки прибора, соединенной с ней.

Если трансформатор включают при температуре -35°C и ниже, необходимо воздержаться от пуска электронасоса до тех пор, пока масло не нагреется.

Электронасос монтируется в одном блоке с трансформатором. Электронасос типа 4ТТ-63/10 (рис. 112) представляет собой единый агрегат и состоит из специального трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и насосной части. Статор 12 электродвигателя запрессован в чугунный корпус 11. Ротор 17 двигателя вращается в шариковых подшипниках 7 и 15. Эти подшипники укреплены пружинным кольцом 2, гайкой 16 и шайбой 18.

Насосная часть состоит из рабочего колеса 3, направляющего аппарата 10 и всасывающего патрубка 8 диаметром 100 мм. Рабочее колесо закреплено на консольном конце вала ротора шпонкой 5, гайкой 6 и шайбой 4. Подшипниковый щит 1 и направляющий аппарат 10 закреплены с помощью всасывающего патрубка 8 и дополнительно фиксируются штифтом 20. В коробке выводов 13 расположено шесть выводных шпилек и одна шпилька заземления. На напорном патрубке 19 установлена наружная заземляющая шпилька.

Всасывающим патрубком насос присоединяется к трансформатору четырьмя болтами с паронитовой прокладкой. Таким же образом напорный патрубок крепят к фланцу маслопровода. Наверху, на корпусе электронасоса, имеется пробка 9 запорного устройства, которое предотвращает утечку масла при снятии манометра.

При работе электронасоса масло из трансформатора поступает на рабочее колесо, а оттуда через направляющий аппарат основная часть масла идет по каналам корпуса и поступает в напорный патрубок. При этом масло омывает статор и охлаждает его. Под действием избыточного давления часть масла через отверстие в подшипниковом щите 1 и подшипник 7 поступает в зазор между статором и ротором, затем через отверстия в крышке 14, подшипник 15, отверстие в валу ротора масло возвращается в полость всасыва-

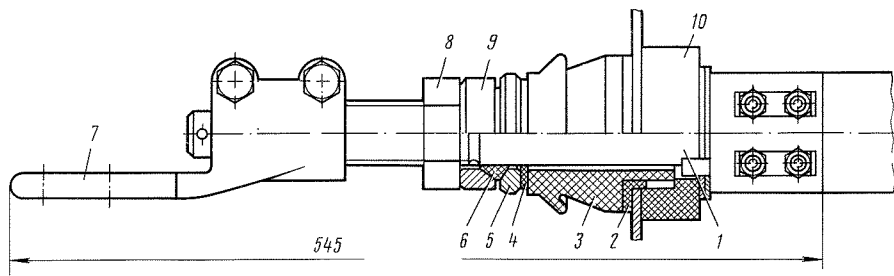


Рис. 111. Вводы на вторичной стороне трансформатора

ния. Такая циркуляция масла обеспечивает интенсивный отвод тепла от работающего двигателя. Электронасос типа 4ТТ-63/10 является центробежным бессальниковым одноступенчатым. Подача насоса $63 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 9,8 кПа. Температура перекачиваемого масла должна быть в пределах от $+85$ до -15°C . Режим работы непрерывный продолжительный. На трехфазный двигатель подается напряжение 380 В переменного тока. Номинальная мощность электронасоса 2,8 кВт; частота вращения (синхронная) ротора 1500 об/мин; класс изоляции обмоток В; габариты $445 \times 425 \times 328$; масса 105 кг.

Колесо насоса вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны всасывающего патрубка. Для нормальной работы электронасоса необходимо, чтобы ротор вращался в направлении, указанном стрелкой на всасывающем патрубке. Так как в собранном двигателе ротор закрыт и невозможно определить направление его вращения, то, чтобы проверить правильность его работы, нужно установить вместо пробки 9 манометр на корпус насоса. Давление по манометру при закрытой нагнетательной заслонке должно быть равно 117,4 кПа ($1,3 \text{ кгс}/\text{см}^2$). Если насос не создает необходимого напора, следует поменять местами два любых подводящих провода двигателя, чтобы изменить направление его вращения.

Трансформаторы ОДЦЭ-5000/25Б отличаются от ранее применяемых на электровозах ВЛ80^к и ВЛ60^к тем, что магнитная система их выполнена из холоднокатаной электротехнической стали с относительно малыми магнитными потерями; во всех обмотках плотность тока примерно на 10% выше, следовательно, масса меди меньше; предусмотрена более эффективная циркуляция масла. Все это позволило довести массу трансформатора до 8000 кг.

Технические данные трансформатора и принципиальная схема приводятся на заводском щитке, установленном на каждом трансформаторе. На щитке указаны значения напряжения короткого замыкания и мощность потерь в трансформаторе в режимах короткого замыкания и холостого хода. Напряжение, которому соответствуют номинальные токи в обмотках при закороченной вторичной обмотке трансформатора, называется *напряжением короткого замыкания*, а мощность при этом выражает потери, так как в таком режиме никакой полезной работы не производится. Напряжение короткого замыкания выражают в процентах от номинального.

На электровозах ВЛ80^р устанавливают трансформатор типа ОДЦЭ-5000/25А. По конструкции он ничем не отличается от трансформатора ОДЦЭ-5000/25Б, но имеет иную схему соединения обмоток, другое число выводов, иное их обозначение. Все эти и другие технические данные приводятся на заводском щитке трансформатора ОДЦЭ-5000/25А.

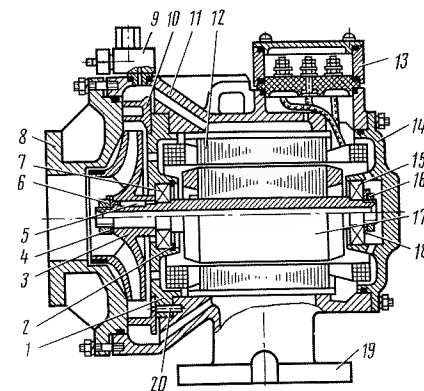


Рис. 112. Электронасос 4ТТ-63/10

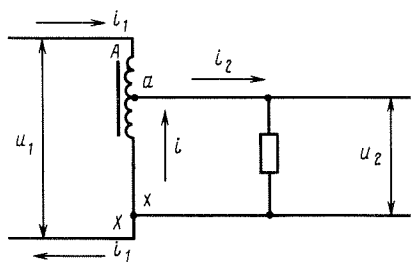


Рис. 113. Схема автотрансформатора

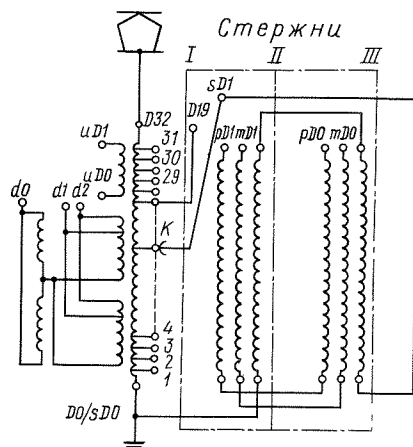


Рис. 114. Схема соединения обмоток трансформатора LTS-7,85/25 электровазона ЧС4^т

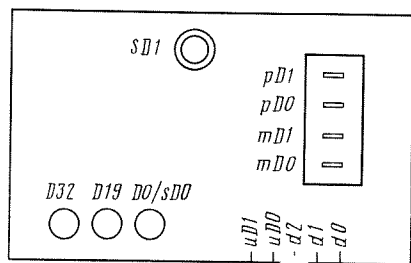


Рис. 115. Схема размещения вводов на крышке трансформатора LTS-7,85/25

На электровазонах ВЛ80^к устанавливали трансформаторы типа ОЦР-5000/25В (О — однофазный, Ц — принудительная циркуляция масла, Р — питание ртутных выпрямителей, замененных полупроводниковыми), которые имеют примерно такие же данные, схему и устройство, как и трансформаторы ОД-ЦЭ-5000/25Б. Однако у таких трансформаторов нет устройства, автоматически прессыющего обмотки трансформатора.

На электровазонах ВЛ60^к установлены трансформаторы типа ОЦР-5600/25, которые устроены примерно так же, как трансформаторы ОЦР-5000/25В.

На электровазонах ЧС4^т регулирование напряжения осуществляется на первичной стороне трансформатора, который состоит собственно из двух трансформаторов, расположенных в одном баке. Один из них представляет собой автотрансформатор, а другой — обычный понижающий трансформатор с постоянным коэффициентом трансформации. Обмотка автотрансформатора является регулировочной, а понижающий трансформатор предназначен для понижения регулируемого напряжения до значения, соответствующего коэффициенту трансформации.

У автотрансформатора часть первичной обмотки является одновременно как бы и вторичной. Принцип работы автотрансформатора заключается в следующем. Если обмотку А-Х (рис. 113) присоединить к внешней сети переменного тока, например к контактной сети, напряжение последней u_1 распределится равномерно по всем ее виткам и по ней потечет ток i_1 . Примем за вторичную обмотку часть витков а-х обмотки А-Х. Если замкнуть их на сопротивление, то в обмотке а-х потечет ток i_2 при напряжении на ее зажимах u_2 .

Однако по обмотке а-х может проходить ток i , представляющий собой разность токов в первичной i_1 и вторичной i_2 цепях. Ток i во вторичной обмотке направлен встречно по отношению к току i_1 .

Вывод а занимает разное положение на обмотке, и в пределе возможно совмещение зажимов а и А. При этом $u_2 = u_1$.

Потери в автотрансформаторе незначительны, поэтому коэффициент полезного действия его достигает 99,7%. Коэффициент трансформации, как и для обычного трансформатора, выражает отношение числа витков обмотки А-Х к числу витков обмотки а-х.

На электровазонах ЧС4^т установлены тяговые трансформаторы броневого типа LTS-7,85/25. Автотрансформатор этого трансформатора имеет первичную обмотку D32—D0 (рис. 114) и вторичную, у которой один ввод 0 совмещен с выводом первичной обмотки, а второй является скользящим (контакт К) и может занимать любое положение от 1 до 32. Понижающий трансформатор имеет первичную обмотку sD1—sD0 и две вторичные обмотки с вводами mD0 и mD1. Кроме того, имеется обмотка, питающая вспомогательные цепи d0—d2 напряжением 260 В с отпайкой d1 на напряжение 213 В, и обмотка отопления поезда uD1—uD0 напряжением 3030 В.

Обмотка D32—D0 регулировочная; она имеет отпайку D19 (рис. 115), к которой можно присоединиться в тех случаях, когда напряжение в контактном проводе равно 12 кВ. С ней электрически соединена первичная обмотка sD1—sD0. Электрическое соединение ввода sD1 с одним из выводов автотрансформатора осуществляется аппаратом, называемым переключателем ступеней. На рис. 114 он условно обозначен скользящим контактом К.

При перемещении контакта К по вводам автотрансформатора от 0 до 32 изменяется напряжение на зажимах обмотки sD1—sD0 и, следовательно, на обеих вторичных обмотках mD0—mD1 и pD0—pD1. Когда контакт К соединен с D32, напряжение на каждой вторичной обмотке понижающего трансформатора составляет 1040 В.

На электровазонах ЧС4^т тяговый трансформатор имеет масляное принудительное охлаждение. Два алюминиевых теплообменника 10 (рис. 116) и два фланцевых бессальниковых насоса 9 совместно с баком и трубами образуют циркуляционную систему охлаждения трансформатора. Бак 1 трансформатора четырехугольной формы. На продольных стенках бака предусмотрена рама 2 для установки трансформатора в кузове электровазона. К баку присоединен переключатель ступеней 3, который заполняется маслом независимо от бака. Все электрические соединения переключателя с регулировочной обмоткой трансформатора осуществляют с помощью штепсельных разъемов, что позволяет демонтировать переключатель ступеней без каких-либо работ по трансформатору. На крышке бака 1 размещены три ввода 7 высшего напряжения, а также вводы вторичной обмотки трансформатора, выполненные в виде полосы из меди и прикрепленные к гетинаксовой плите на крышке трансформатора. Вводы обмоток собственных нужд и отопления выполнены так же, как на отечественных электровазонах.

Над крышкой трансформатора расположен расширитель 4 коробчатой формы. На его стенке установлен указатель уровня масла 5 и воздухоосушитель 6, которым расширитель сообщается с атмосферой. Воздухоосушитель наполнен веществом, поглощающим влагу из

воздуха, и, следовательно, предупреждает попадание воды в трансформаторное масло.

Воздухоосушитель (рис. 117) соединен с расширителем трубкой 10 и гайкой 9. Расширитель сообщается с атмосферой: воздух поступает в масляный затвор 1, где очищается от пыли, затем в наполнитель 4, поглощающий влагу атмосферы, далее через трубку 6, укрепленную шплинтом 5, и трубку 10. Корпус 3 воздухоочистителя имеет стеклянный цилиндр 7 и крышку 8. Винт 2 служит указателем уровня масла в затворе 1. В качестве наполнителя применяют силикагель, блаугель или их смесь. Блаугель в сухом состоянии имеет синий цвет, а при поглощении влаги становится розовым. Сухой силикагель — белого цвета; увлажняясь, он не изменяет цвета.

При работе у трансформатора могут возникнуть повреждения, приводящие к местному нагреву отдельных деталей под влиянием ухудшения контакта. В местах нагрева происходит разложение твердой органической изоляции и масла, что сопровождается выделением газа. Чтобы своевременно обнаружить эти повреждения, применяют газовое реле 8 (см. рис. 116). Его устанавливают в патрубке между крышкой бака и расширителем. Выделяющиеся в месте повреждения пузырьки газа поднимаются и на пути в расширитель попадают в газовое реле, вытесняя из него масло.

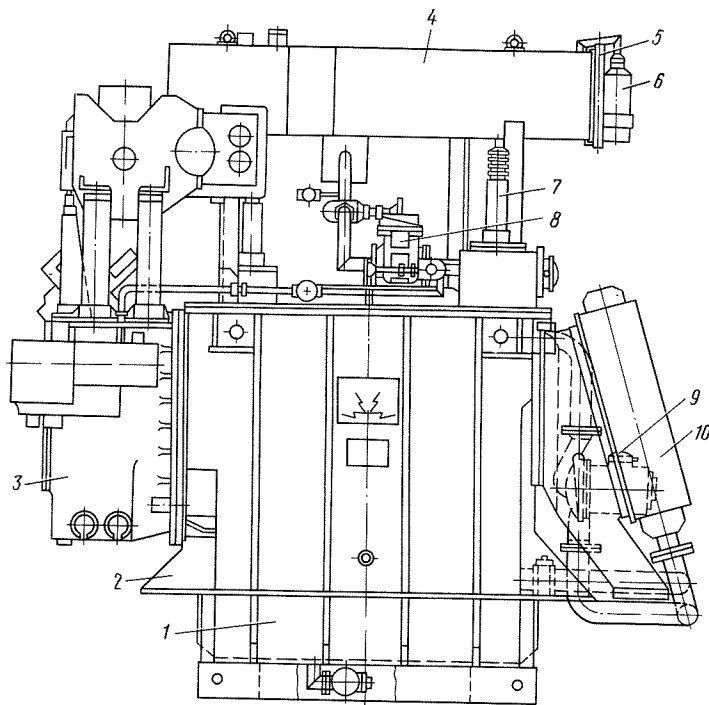


Рис. 116. Трансформатор LTS-7,85/25 электроваз ЧС4^Г

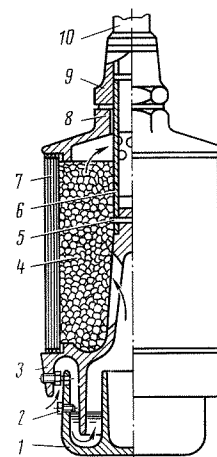


Рис. 117. Воздухоосушитель

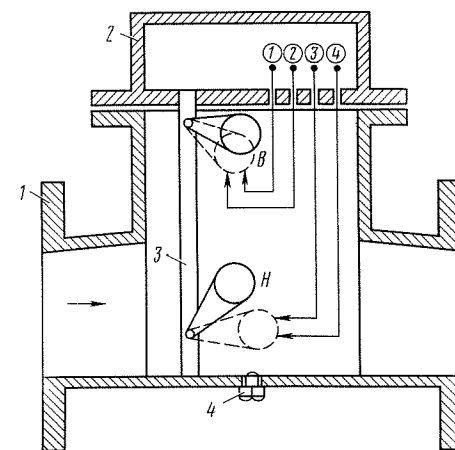


Рис. 118. Реле газовой защиты

Газовое реле (рис. 118) состоит из корпуса 1, крышки 2, двух поплавков — верхнего В и нижнего Н. Поплавки расположены один над другим и прикреплены к стойке 3. Направление масла в корпусе газового реле показано стрелкой. Пробка 4 служит для спуска масла.

При понижении уровня масла в реле опрокидывается поплавок В, замыкающий контакты 1 и 2 в цепи сигнализации (цифры в кружках). В случае возникновения значительных повреждений в трансформаторе, которые сопровождаются бурным выделением газов (короткое замыкание, электрическая дуга), создается толчок масла и газа в патрубок и реле. В результате этого опрокидывается второй поплавок Н реле, который замыкает контакты 3 и 4 в цепи управления главного выключателя, и трансформатор отключается.

Трансформатор LST-7,85/25 снабжен необходимыми устройствами для контроля температуры масла, спуска масла из бака, подъема выемной части и всего трансформатора.

На некоторой части электровазов ЧС4^Г установлены трансформаторы несколько иной конструкции — так называемого колокольного типа. У таких трансформаторов активная часть жестко соединена с основанием. Магнитопровод установлен горизонтально. Бак трансформатора состоит из двух частей: верхней и нижней. В нижней части помещается магнитопровод. Для осмотра активной части трансформатора необходимо поднять верхнюю часть бака.

Технические данные трансформатора примерно такие же, как и трансформаторов тягового исполнения.

§ 35. Реакторы сглаживающие и переходные

Реактором называют электрическую катушку, индуктивное сопротивление которой значительно по сравнению с индуктивным сопротивлением остальной электрической цепи. Для того чтобы

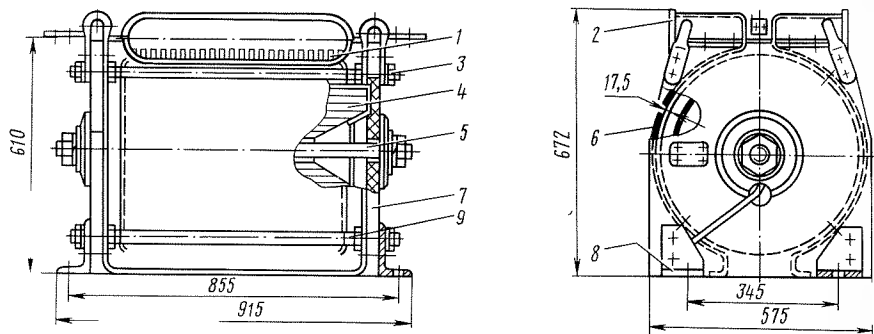


Рис. 119. Реактор сглаживающий РС-53

индуктивность реактора была наибольшей, его обмотку располагают на сердечнике из ферромагнитного материала, т. е. материала, обладающего высокой магнитной проницаемостью¹. Таким материалом является, например, листовая электротехническая сталь. Индуктивность реактора, сердечник которого выполнен из ферромагнитного материала, не является постоянной, а зависит от тока в его обмотке. Это объясняется тем, что индуктивность изменяется прямо пропорционально магнитной проницаемости. В свою очередь магнитная проницаемость зависит от магнитной индукции. Если в обмотке реактора ток возрастает, то одновременно возрастает и магнитная индукция, что вызывает уменьшение магнитной проницаемости, а следовательно, и уменьшение индуктивности. При уменьшении тока в обмотке реактора индуктивность его увеличивается. Это свойство реактора с ферромагнитным сердечником использовано в силовых цепях электровозов для сглаживания пульсаций выпрямленного тока.

Известно, что пульсация выпрямленного тока зависит от тягового тока: чем больше ток, тем меньше пульсация, и наоборот. Между тем для нормальной коммутации тяговых двигателей необходимо, чтобы пульсация в любом режиме работы двигателя оставалась постоянной. Для этого в цепь тока включают реактивные катушки, индуктивность которых наибольшая при малых тяговых токах и наименьшая при больших.

Реактор, включенный последовательно в цепь тяговых двигателей для уменьшения пульсации выпрямленного тока, называют сглаживающим. Такие реакторы применяют на всех электровозах переменного тока. На электровозах ВЛ80^т устанавливают четыре сглаживающих реактора типа РС-53. Начальная индуктивность такого реактора составляет 6 мГн, а при номинальном токе часового режима 1850 А уменьшается до 4 мГн. Длительный ток реактора 1700 А; корпусная изоляция рассчитана на напряжение 1500 В; масса реактора 800 кг.

Реактор (рис. 119) состоит из цилиндрического радиально шихтованного стального сердечника 4, собранного из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Листы стали изолированы друг от

¹ Под магнитной проницаемостью понимают величину, характеризующую магнитные свойства среды.

друга лаком. Цилиндрическая поверхность сердечника и торцы его покрыты стеклопластом толщиной 7 мм. Обмотка 1 состоит из 70 витков и выполнена из медной шины размером 4×65 мм, намотанной на ребро. Между витками обмотки остается зазор 4 мм.

Обмотка и сердечник с торцов зажаты боковинами 7 из гетинакса и стянуты в осевом направлении шпильками из дюралюминиевого сплава: четыре — 3 и 9 по краям и одной 5 по центру.

Для интенсивного охлаждения реактора применяется принудительная вентиляция с объемом воздуха 95 м³/мин, проходящего по кожухам 2 и 6, выполненным из стеклопласта. Реактор крепится уголками 8 к раме кузова.

На электровозе ВЛ80^к устанавливают четыре реактора РС-32. Основные технические данные реакторов такие же, как у реакторов РС-53. Конструкция реактора отличается от описанной отсутствием кожухов, вследствие чего требуется почти вдвое больше охлаждающего воздуха — 180 м³/мин.

На электровозах ВЛ60^к применяют два реактора типа РЭД-4000 А. Индуктивность реактора 5,6 мГн при номинальном токе 1545 А и 10,5 мГн при токе 300 А. Корпусная изоляция рассчитана на напряжение 3000 В, масса реактора 1570 кг.

Реактор РЭД-4000 А имеет разомкнутый магнитопровод: два его стержня и два ярма собраны из листов электротехнической стали, покрытых изоляционным лаком. На каждом стержне расположена обмотка из медной шины 5×50 мм с зазорами между витками 6 мм. Обмотка намотана плашмя и

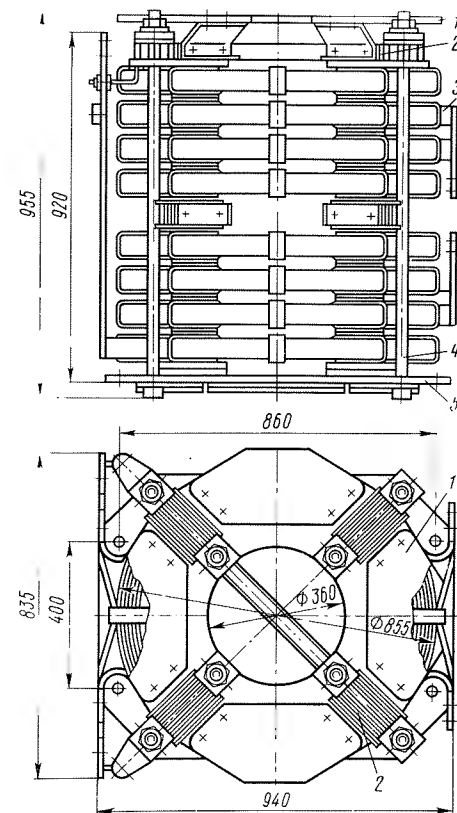


Рис. 120. Реактор переходный ПРА-48

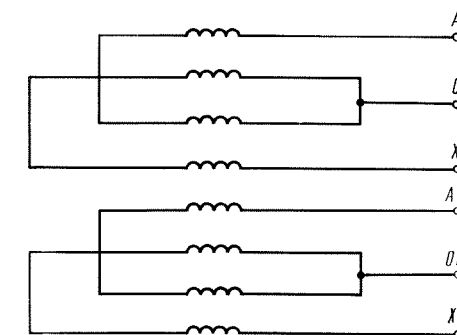


Рис. 121. Принципиальная электрическая схема реактора ПРА-48

изолирована от стержня бакелитовыми цилиндрами. Обмотки соединяют последовательно. Охлаждение воздушное, принудительное. Количество расходуемого воздуха 300 м³/мин.

На электровозах ЧС4^т в цепи тяговых двигателей установлены сглаживающие реакторы ILCVN-7050 с тремя обмотками, выполненными из алюминиевых шин с изоляцией из стеклоплатна класса В. Индуктивность реактора 3×3 мГн, номинальный ток 3×1150 А, напряжение 850 В, масса реактора 1250 кг.

В цепи вспомогательных машин применены реакторы типа А1-С1V 1914/06: один реактор с индуктивностью 4 мГн, другой—6 мГн. Соответственно ток реакторов 150 и 100 А, напряжение 188,5 В, масса обоих реакторов 63 кг. Обмотки реакторов выполнены из алюминиевых шин.

На электровозах с регулированием напряжения на вторичной обмотке трансформатора в цепь ее регулировочной части включают так называемый переходный реактор (см. с ...).

На электровозах ВЛ80^т устанавливают переходные реакторы типа ПРА-48, на электровозах ВЛ80^к—ПРА-3 и на электровозах ВЛ60^к—ПРА-2. Основные технические данные переходных реакторов следующие:

Тип реактора	ПРА-2	ПРА-3	ПРА-48
Номинальное рабочее напряжение (по отношению к земле), В	3100	1500	1500
Длительный ток одной ветви (0-а или 0-х), А	650	1270	1270
Индуктивное сопротивление обмотки а-х, Ом	0,26	0,12	0,12
Масса, кг	550	572	450

Устройство переходных реакторов всех типов (рис. 120) и схемы соединения их обмоток (рис. 121) одинаковы. Охлаждение реакторов—естественное воздушное. Реакторы размещены один над другим. Этим достигается наилучшее использование места и их взаимной индуктивности.

Реактор имеет четыре спиральные катушки 3 (см. рис. 120), намотанные плашмя из двух параллельных алюминиевых шин сечением 8×60 мм с зазорами между ними 7 мм. Каждая катушка в радиальном направлении в восьми местах стянута бандажами из стеклоленты. Комплект из четырех катушек пропитывается в лаке.

Алюминиевые переходные реакторы не имеют стальных сердечников, и оба комплекта катушек установлены на основании 5 из гетинакса толщиной 30 мм. Сверху и снизу устанавливают экранирующие пакеты 2, собранные из листов электротехнической стали 0,5 мм и предназначенные для защиты металлических конструкций, расположенных вблизи реактора, от нагрева магнитными потоками рассеяния. В осевом направлении реактор стянут восемью шпильками 4 из алюминиевого сплава. Для предотвращения попадания между витками посторонних предметов над верхним комплектом катушек укреплены листы 1 из асбоцементной доски толщиной 12 мм.

§ 36. Общие сведения

Преобразовательные установки предназначены для преобразования электрического тока из переменного в постоянный (выпрямители), из постоянного в переменный (инверторы), из переменного одной частоты в переменный другой частоты (преобразователи частоты). Процесс преобразования может происходить одновременно с регулированием напряжения. На электровозах переменного тока нашли широкое применение выпрямители, а в последнее время благодаря широкому распространению управляемых полупроводниковых вентилях применяются управляемые выпрямители, т. е. выпрямители с регулированием напряжения и инверторы (электровоз ВЛ80^р), также с регулированием режима рекуперативного торможения.

Необходимость в преобразователях на электроподвижном составе переменного тока обусловлена прежде всего применением тяговых двигателей постоянного тока, в то время как в контактной сети переменное напряжение 25 кВ частотой 50 Гц. Поэтому на электровозах устанавливают оборудование, которое в тяговом режиме снижает это напряжение до уровня, допустимого для тяговых двигателей, преобразует переменный ток в постоянный и регулирует напряжение. Понижение напряжения осуществляется трансформатором и автотрансформатором, преобразование переменного тока в постоянный—выпрямителем. Регулирование напряжения может выполняться различными способами (см. § 23). При наличии в выпрямителях управляемых вентилях регулирование напряжения может осуществляться выпрямителями.

Выпрямительные установки с неуправляемыми вентилями установлены на всех электровозах переменного тока, кроме ВЛ80^р. Выпрямительные установки, в которых применены управляемые вентили—тиристоры, используются на электровозах ВЛ80^т и ЧС4^т для регулирования режима реостатного торможения путем изменения тока возбуждения тяговых двигателей в зависимости от необходимости силы торможения, скорости и других факторов.

На электровозе ВЛ80^р выпрямительно-инверторные преобразователи выполнены на управляемых вентилях. Они в режиме тяги выполняют роль управляемых выпрямителей, а в режиме рекуперативного торможения—управляемых инверторов.

В последнее время благодаря освоению промышленностью серийного производства тиристоров проводятся исследования по применению импульсных преобразователей на электроподвижном составе как переменного, так и постоянного тока. Такие преобразователи также могут обеспечивать плавное регулирование напряжения (а значит, и скорости) и в режиме тяги, и режиме рекуперативного торможения.

Основным элементом всех преобразователей является вентиль. При прохождении через вентиль тока часть энергии теряется — выделяется в виде тепла. Современные преобразовательные установки работают сравнительно с небольшими потерями энергии — не более 2%. Однако если не предусмотреть принудительного охлаждения — вентиляции, то эти потери могут привести к недопустимому нагреву оборудования, в первую очередь самих вентилях. Поэтому вентили монтируют в специальных охладителях — радиаторах с развитой поверхностью в виде ребер, а преобразователи оборудуют системой принудительного охлаждения потоком воздуха.

Для преобразователей большой мощности требуются десятки, а иногда сотни вентилях. Ток и напряжение должны равномерно распределяться между всеми вентилями. Поэтому в преобразователях используют устройства, выравнивающие ток и напряжение между вентилями. Наконец, преобразователи с управляемыми вентилями оборудуют системой, обеспечивающей подачу открывающих импульсов на управляющие электроды тиристоров, системами защиты и сигнализации. Все перечисленные устройства в комплексе составляют преобразовательную установку.

§ 37. Вентили

Электрический вентиль — это прибор, допускающий протекание тока только в одном прямом направлении. На электровозах вентили используются в преобразовательных установках — выпрямителях, инверторах и др.

Первые электровозы переменного тока были построены с ртутными вентилями — игнитронами. Затем на электровозах стали применять только кремниевые полупроводниковые вентили, сначала неуправляемые, а потом и управляемые, так как они по сравнению с ртутными имеют ряд значительных преимуществ: высокую надежность, удобство обслуживания, большой срок службы, значительно меньшие габариты и массу, более высокий к.п.д.

В неуправляемых выпрямителях используют неуправляемые вентили — диоды, которые начинают проводить ток, как только к ним прикладывается напряжение, действующее в прямом проводящем направлении. В преобразователях, предназначенных не только для выпрямления, но и для регулирования выпрямленного напряжения и инвертирования, используют полупроводниковые управляемые вентили — тиристоры. Они, как и диоды, пропускают ток только в прямом направлении. Но для того, чтобы тиристор начал работать, или, как говорят, открылся, необходимо при наличии на тиристоре напряжения, действующего в прямом направлении, подать отпирающий сигнал-импульс на его управляющий вывод.

Основой полупроводниковых вентилях, применяемых на электровозах, является полупроводниковый выпрямительный элемент — кремниевая пластинка. В диодах эта пластинка имеет двухслойную *p-n* структуру с одним электронно-дырочным переходом, обладающим способностью пропускать ток только в одном направлении. В тиристорах кремниевая пластинка имеет четырехслойную *p-n-p-n* структуру с тремя переходами и одним управляющим выводом, при

подаче сигнала на который тиристор переводится из закрытого состояния в открытое в прямом направлении. Тиристор обладает двумя устойчивыми состояниями: открытым и закрытым. После того как тиристор откроется, он продолжает работать независимо от того, поступает или нет сигнал на его управляющий вывод.

Физические свойства вентилях в основном определяются их вольт-амперными характеристиками — зависимостью тока от приложенного напряжения в прямом и обратном направлениях. Токи и напряжения прямой и обратной ветвей резко отличаются. Мгновенные значения прямых токов достигают нескольких сотен ампер, а обратные токи не превосходят нескольких миллиампер. Мгновенные значения прямых напряжений не превышают 2 В, а обратные напряжения доходят до нескольких киловольт.

Рассмотрим особенности конструкции полупроводниковых вентилях. Главная деталь вентилях — выпрямительный элемент — тонкая пластинка, изготовленная из сверхчистого монокристалла кремния. Для подвода электрического тока и одновременно для ее защиты от механических повреждений она с обеих сторон ограждена металлическими (вольфрамовыми) прокладками. С целью повышения надежности работы при обратных напряжениях ее боковая поверхность стачивается на конус. Конструкция вентиля обеспечивает возможность подвода тока к верхнему и нижнему основаниям пластинки и к управляющему электроду, отвод тепла от пластинки и защиту ее от воздействий внешних факторов. В каждом вентиле есть два силовых вывода — анодный и катодный. Ток внутри вентиля направлен от анода к катоду. В тиристорах имеется еще управляющий вывод, через который протекает только ток управления.

По конструктивному исполнению вентили делятся на штыревые и таблеточные. В штыревых вентилях анодный или катодный вывод выполнен в виде шпильки с резьбой для присоединения к охладителю. В этих вентилях кремниевый элемент 7 (рис. 122) помещают в специальный герметичный корпус, состоящий из основания 8 со шпилькой 9 и верхней цилиндрической части 6.

Кремниевый элемент припаивают к основанию, от которого осуществляется подача тока к элементу. От верхней части элемента ток отводится через внутренний гибкий шунт 4, переходные втулки 3, гибкий шунт 2 с наконечником 1. Анодную часть вентиля составляет корпус, катодную часть — гибкий внутренний шунт, переходные втулки, наружный шунт. Катодная часть от анодной изолируется кольцевым стеклянным изолятором 5.

Для обеспечения эффективного отвода тепла от вентиля во избежание его перегрева штыревой вентиль хвостовиком ввертывают в алюминиевый радиатор до плотного соприкосновения поверхностей. Однако контакт алюминиевого радиатора и медного корпуса вентиля с течением времени может ухудшиться, что привело бы к увеличению переходного сопротивления, ухудшению распределения тока по вентилям, ухудшению охлаждения и перегреву вентилях. Поэтому между вентилем и радиатором прокладывают токоотводящую медную пластину, которая одновременно является и выводом для включения вентиля в силовую цепь. Все контактные поверхности хорошо обрабатывают. Это обеспечивает хороший отвод тепла и меньшие потери в переходных контактах.

В вентилях штыревой конструкции соединения выпрямительного элемента с деталями корпуса осуществляют, как правило, пайкой. Из-за неодинаковых коэффициентов линейного расширения спаянных элементов при нагревании и охлаждении слой спая подвергается термическим и механическим воздействиям, что приводит к ускоренному старению вентиля и обрыву его электрической цепи. Поэтому в последнее время стали выпускать вентили не с паяными, а с прижимными контактами, что явилось одной из причин появления таблеточных вентиляй.

Таблеточные вентили (такое название они получили за то, что по форме напоминают таблетку) появились позже штыревых вентиляй. Простая конструкция таблеточных вентиляй позволяет изготавливать их на большую мощность (на более высокое напряжение и больший ток). Применение мощных вентиляй сокращает их число в преобразователях, упрощает и повышает надежность преобразовательных установок.

Нижнее 1 (рис. 123) и верхнее 3 основания тиристоров, изолированные одно от другого изолятором 2, являются анодом и катодом; к ним подводится силовая цепь. Провод с наконечником 4 подсоединен к управляющему электроду тиристора.

Такой вентиль 5 (рис. 124) помещают между прижимными медными контактами-пластинами 2, затем этот комплект планкой 6 прижимают с определенным нормируемым усилием к радиатору 4. Стойки 1 с резьбой служат для крепления вентиля с радиатором к панели. Управляющий вывод 3 подсоединен к выводному зажиму.

Рассмотрим характерные особенности работы вентиляй на электродах и параметры, характеризующие их работу.

Период переменного тока (или напряжения) состоит из двух полупериодов. В один из них напряжение направлено в одну сторону, а в следующий — в другую. В рабочий полупериод, когда направление напряжения совпадает с направлением проводимости вентиля, через

него протекает прямой ток (до нескольких сотен ампер). В следующий, нерабочий полупериод к вентилю прикладывается обратное напряжение, и через него ток практически не протекает, если не считать обратного тока, равного тысячным долям ампера. В рабочий полупериод, когда через вентиль проходит ток, падение напряжения между его анодом и катодом невелико. Оно составляет 1,1—1,9 В и мало зависит от нагрузки. В нерабочий полупериод к вентилю приложено обратное напряжение величиной в несколько сотен, а иногда свыше тысячи вольт. Обратный ток через вентиль практически не зависит от приложенного напряжения, но это справедливо лишь до определенного значения обратного напряжения. При увеличении его сверх напряжения, которое называется напряжением лавинообразования или напряжением загиба вольт-амперной характеристики вентиля, начинается быстрое лавинообразное увеличение обратного тока. Это может привести к пробое вентиля, т. е. к потере им вентиляных качеств. Пробитый вентиль пропускает ток в любом направлении. Для того чтобы обеспечить необходимую надежность работы вентиляй, их ставят в такие электрические цепи, где обратное напряжение, приходящееся на их долю, не достигает напряжения лавинообразования.

При воздействии обратных напряжений обратный ток распределяется по кремниевой пластине неравномерно. В местах, где плотность обратного тока значительна, может происходить пробой вентиля. Особенно к этому предрасположены вентили с неоднородным содержанием примесей, с неравномерной продольной и поперечной проводимостью монокристалла, из которого изготовлен кремниевый элемент.

Вентили, изготовленные из кремния с более равномерной проводимостью, выдерживают в 100 и в 1000 раз большие обратные токи, чем обычные вентили. Такие вентили называли *лавинными*. В отличие от обычных они надежно работают при обратных напряжениях, близких к напряжению лавинообразования. Их применение позволило уменьшить число вентиляй в преобразовательных установках, снизить потери энергии, упростить вспомогательные элементы и защиту преобразователей.

Основными параметрами, характеризующими вентиль, являются предельный ток, прямое падение напряжения, повторяющееся напряжение, напряжение лавинообразования, обратный ток при повторяющемся напряжении, а также масса вентиля и др. Для лавинных диодов важной характеристикой является максимально допустимая энергия импульса неповторяющихся напряжений. Для тиристора даются дополнительные параметры, характеризующие его как управляемый вентиль: отпирающий ток управления, отпирающее напряжение, время выключения тиристора при максимально допустимой температуре, критическая скорость нарастания прямого напряжения, критическая скорость нарастания прямого тока.

Предельный ток вентиля — это максимально допустимое среднее за период значение тока частотой 50 Гц, длительно протекающего через вентиль при максимально допустимой температуре электронно-дырочного перехода (140° С для диодов и тиристоров ТЛ и 125° С для тиристоров Т). При нагрузке вентиляй предельным током рабочие перегрузки не допускаются. В обозначении типа вентиля стоит, как

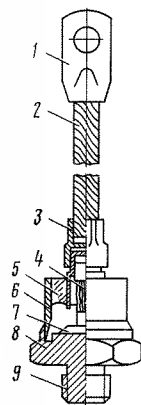


Рис. 122. Кремниевый неуправляемый вентиль

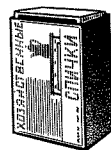


Рис. 123. Таблеточный тиристор

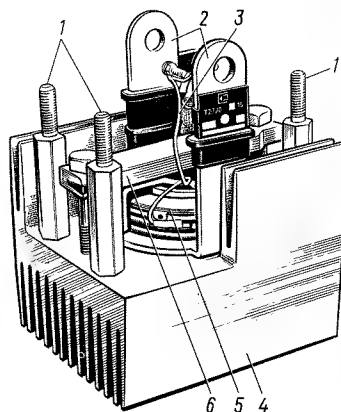


Рис. 124. Таблеточный тиристор Т2-320 в сборе с радиатором

правило, предельный ток. Например, тиристор Т2-320 рассчитан на предельный ток 320 А. Диоды ВЛ200 были рассчитаны на 200 А, затем увеличили предельный ток до 230 А, не изменив обозначения типа.

Прямое падение напряжения при амплитудном значении предельного тока не превышает 1,6 В в диодах ВЛ200 и 1,85 В в тиристорах Т2-320. Вентили, поставляемые для преобразователей электровозов, классифицируют еще по среднему значению падения напряжения ΔU при предельном токе. Значение ΔU характеризует сопротивление вентиля в прямом направлении, от которого зависит распределение тока в параллельно включенных вентилях, если нет в преобразователе специальных уравнивающих устройств. Поэтому комплектация диодами плеч преобразователей производится с учетом значения ΔU . По значению ΔU диоды делятся на две группы: первая с $\Delta U = 0,52 \div 0,54$ В, диоды маркируются черной перфорированной лентой; вторая с $\Delta U = 0,55 \div 0,58$, диоды маркируются белой лентой. При замене поврежденного диода исправным обязательно устанавливая диод той же группы.

Повторяющееся напряжение — это наибольшее мгновенное значение напряжения, прикладываемого к вентилю в обратном направлении (а к тиристорам и в прямом закрытом направлении). Для обеспечения высокой надежности работы вентиля повторяющееся напряжение должно быть меньше напряжения лавинообразования. В зависимости от повторяющегося напряжения вентили подразделяются на классы. Например, вентиль 10-го класса рассчитан на повторяющееся напряжение 1000 В (напряжение лавинообразования не менее 1250 В), вентиль 11-го класса — на 1100 В (напряжение лавинообразования не менее 1375 В) и т. д. В аварийных режимах вентили выдерживают напряжения, которые превышают повторяющееся, но не выше тех значений, которые указаны как «неповторяющиеся напряжения».

Для лавинных диодов важное значение имеет допустимая энергия импульса обратного тока длительностью 100 мкс, частотой 0,3 Гц, равная 1 Дж.

Значение обратного тока (амплитудное значение) при повторяющемся напряжении и наибольшей температуре не должно превышать для диодов 12 мА, а для тиристоров 40 мА.

Для обеспечения надежного управления тиристорами к ним предъявляются специальные требования. Отпирающий ток управления тиристоров ТЛ200 и Т2-320 должен быть не более 0,3 и 0,4 А соответственно и отпирающее напряжение — не более 7,0 и 8,0 В. Для исключения ложных и преждевременных открытий тиристоров установлены значения неотпирающих напряжений, при которых тиристор не должен открываться, — не менее 0,25 В.

Чем меньше время выключения тиристора (от момента, когда ток тиристора стал равным нулю, до момента, когда тиристор способен выдержать, не переключаясь, прикладываемое в прямом направлении напряжение), тем лучше качество тиристора. Это время должно быть не более 100—150 мкс.

Для обеспечения надежной работы тиристоров ограничивается скорость нарастания в прямом направлении тока 70 А/мкс и напряжения 200 В/мкс.

§ 38. Конструктивные особенности преобразовательных установок

На всех электровозах переменного тока, кроме ВЛ80^Р, применены выпрямительные установки с четырьмя плечами, собранными из неуправляемых вентилях. На электровозе ВЛ80^Р установлены выпрямительно-инверторные преобразователи с восемью плечами, собранными из управляемых вентилях. Основные параметры плеч преобразовательных установок — обратное напряжение и ток — определяются номинальным напряжением тяговых двигателей и их наибольшим суммарным током. Чтобы обеспечить необходимое для двигателей напряжение, вентили в плечах приходится соединять последовательно, а для того, чтобы обеспечить необходимый ток, вентили, а точнее ветви с последовательно включенными вентилями, соединяют параллельно. Каждое плечо представляет собой несколько параллельно соединенных ветвей вентилях (рис. 125).

Число последовательно соединенных вентилях рассчитывают по максимальному обратному (а тиристорам и по прямому) напряжению, которое может быть при наибольшем напряжении в контактной сети (29 кВ) и наивысшей ступени регулирования. К расчетному числу дополнительно прибавляют еще один вентиль с целью повышения надежности. При этом в случае пробоя одного вентиля плечо и соответственно выпрямительная установка остаются работоспособными и не снижаются тяговые возможности локомотива.

Если бы обратные ветви вольт-амперных характеристик всех последовательно соединенных вентилях были одинаковыми, то напряжение делилось бы поровну между вентилями. Но вентили имеют неодинаковые характеристики и напряжение распределяется между ними неравномерно — пропорционально сопротивлению каждого вентиля. На вентиль с большим сопротивлением приходится большая доля полного напряжения и соответственно на вентили с малым сопротивлением — меньшая доля. Сопротивления вентилях могут различаться в сотни и тысячи раз, соответственно напряжение (если нет специальных устройств) распределяется неравномерно по последовательно соединенным вентилям.

Для лавинных диодов нет необходимости обеспечивать равномерное распределение обратного напряжения. Это необходимо для обычных (нелавинных) диодов и тиристоров.

Для равномерного распределения обратного напряжения по последовательно соединенным вентилям одной ветви каждый вентиль шунтируют резистором $R_{ш}$ (рис. 126, а). Сопротивления всех резисторов $R_{ш}$ одинаковы, и примерно одинаковы протекающие через них токи, что обуславливает одинаковое падение напряжения на каждом резисторе и, следовательно, одинаковые напряжения на всех вентилях ветви.

В случае обрыва цепи одного из резисторов $R_{ш}$ обратное

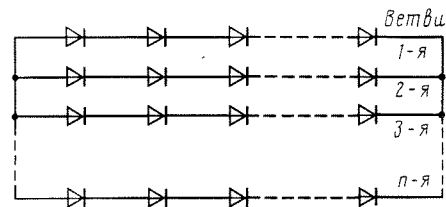


Рис. 125. Схема плеча преобразовательной установки

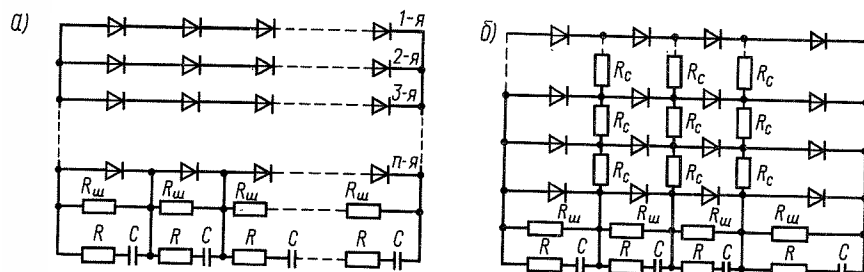


Рис. 126. Схема плеча с резисторами $R_{ш}$ и цепочками RC (а), с резисторами $R_{ш}$, R_c и цепочками RC (б)

напряжение на вентиле, включенном параллельно с ним, резко возрастает, и вентиль может выйти из строя. Поэтому при обнаружении в выпрямительной установке пробитого вентиля следует обязательно проверить исправность вспомогательных элементов, в том числе резисторов $R_{ш}$, так как причиной пробоя может быть не только дефект самого вентиля или перенапряжение в схеме, но и неисправность вспомогательных элементов.

К вспомогательным элементам выпрямительных установок, помимо резисторов $R_{ш}$, относятся так называемые цепочки RC . После момента прекращения протекания тока к вентилю прикладывается обратное напряжение, под действием которого в течение очень короткого промежутка времени, измеряемого микросекундами, протекает значительный обратный ток. В момент прекращения протекания этого тока возникает перенапряжение, называемое коммутационным. Такие перенапряжения для нелавинных вентилях представляют опасность. Они появляются 50 раз в секунду, и их параметры (значение и продолжительность), зависящие от многих факторов, могут меняться в широких пределах. Для защиты от коммутационных перенапряжений к вентилям подключают цепочки RC .

Чтобы обеспечить надежную работу последовательно соединенных нелавинных вентилях, необходимо каждый вентиль ветви шунтировать резистором $R_{ш}$ и цепочкой RC . Однако если во всех параллельных ветвях для каждого вентиля устанавливать вспомогательные элементы, то выпрямительная установка получится очень громоздкой, дорогой, малонадежной и неудобной для обслуживания. Чтобы сократить число вспомогательных элементов, можно резисторы $R_{ш}$ и цепочки RC одной ветви использовать для вентилях остальных параллельных ветвей, установив поперечные соединения в виде малоомных резисторов связи R_c (рис. 126, б). Такие резисторы связи как бы распространяют выравнивающее действие резисторов $R_{ш}$ и защитные действия цепочек RC на всю колонку вентилях. В то же время резисторы связи не вносят нарушений в распределение прямого тока, ибо их сопротивление в сотни раз больше прямого сопротивления самих вентилях, т. е. практически они не участвуют в распределении тока.

Число параллельных ветвей вентилях в плече определяют по наибольшему (пусковому) току тяговых двигателей. За расчетный принимают ток уставки реле перегрузки с учетом неравномерного

распределения тока по параллельным ветвям. Ток в наиболее нагруженной ветви не должен превышать предельного тока вентиля.

Для выпрямительных установок с лавинными диодами благодаря высокой их надежности защита от пробоя вентилях не требуется, а на преобразователях с тиристорами и с нелавинными диодами такая защита устанавливается. На выпрямительных установках с лавинными диодами все вентилях систематически проверяют, причем с такой периодичностью, чтобы практически исключить возможность появления двух пробитых вентилях в одном плече. На преобразовательных установках с нелавинными диодами и тиристорами устанавливают устройства автоматического контроля исправности вентилях, которые (не совсем точно!) называют защитой от пробоя. Однако при этом появляется необходимость систематического и тщательного контроля исправности самой защиты, так как в противном случае, а также при отсутствии соответствующей проверки вентилях создаются условия для накопления неисправных вентилях.

§ 39. Выпрямительные установки электровоза ВЛ80^т

На электровозе ВЛ80^т для преобразования переменного тока частотой 50 Гц в постоянный применены выпрямительные установки ВУК-4000Т-02. Они установлены в силовой цепи. Для выпрямления и регулирования тока в цепи обмоток возбуждения двигателей, работающих в генераторном режиме, во время реостатного торможения применена специальная выпрямительная установка возбуждения (ВУВ).

Выпрямительные установки ВУК-4000Т-02 смонтированы по две в каждой секции электровоза, одна установка обеспечивает питание двух двигателей одной тележки. Выпрямительная установка имеет четыре плеча, каждое из которых состоит из 12 параллельных ветвей с четырьмя последовательно включенными лавинными вентилями ВЛ200 не ниже 8-го класса. Таким образом, одна установка содержит $4 \cdot 12 \cdot 4 = 192$ вентилях. Чтобы обеспечить равномерное распределение тока по параллельно соединенным ветвям, на заводе-изготовителе вентилях подбираются так, что сумма падений напряжений вентилях каждой ветви одинакова.

Для того чтобы распределить энергию, рассеиваемую при перенапряжениях, на несколько ветвей, в двух-трех из них вентилях подбирают по напряжениям U_{30} при импульсном обратном токе 30 А.

Конструктивно каждая выпрямительная установка выполнена в виде двух блоков — шкафов прямоугольной формы, основу которых составляет сварной металлический каркас 1 (рис. 127). Поскольку каждый вентиль 3 с радиатором 4 должен быть изолирован от сосед-

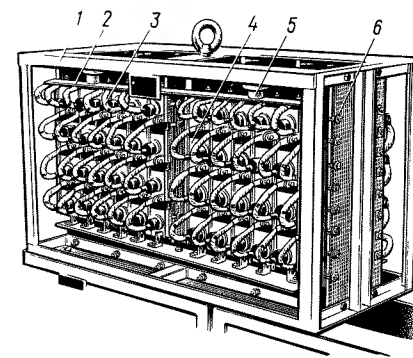


Рис. 127. Блок выпрямительной установки ВУК-4000Т-02

них вентилях, радиаторы укреплены на изоляционных шпильках 6 и между ними проложены изоляционные прокладки. Шины 2, которыми выпрямительные установки подсоединены к цепям трансформатора и двигателей, установлены на изоляторах 5. Вентили одного плеча расположены с одной стороны, а вентили другого плеча — с другой. В каждую из 12 параллельных ветвей плеча входят четыре вентиля, расположенных друг под другом. Радиаторы охлаждаются потоком воздуха, направленного от вентилятора через переключающее устройство сверху вниз. Корпуса вентилях со стороны гибкого вывода охлаждаются благодаря естественной циркуляции воздуха. На каждой секции электровоза установлены четыре блока выпрямительных установок ВУК-4000Т-02. Технические данные ВУК-4000Т-02 следующие:

Номинальный выпрямленный ток	3200 А
Номинальное выпрямленное напряжение	1350 В
Номинальное напряжение относительно корпуса	1500 В
Время перегрузки при 80 кА не более	0,02 с
Сопротивление изоляции между токоведущими частями и корпусом не менее	30 МОм
Масса	750 кг

Выпрямительная установка возбуждения (ВУВ) предназначена для выпрямления и плавного регулирования тока в последовательно соединенных обмотках возбуждения тяговых двигателей в режиме реостатного торможения электровоза. Схема выпрямления — двухполупериодная с выведенной нулевой точкой (рис. 128). На каждой секции электровоза устанавливается один блок ВУВ. Блок ВУВ представляет собой одно плечо, имеющее шесть параллельных ветвей, в каждую из которых входят два последовательно соединенных тиристора ТЛ2-200. Вместе с тиристорами в блоке смонтировано вспомогательное оборудование. Индуктивные делители ИД1 — ИД6 (рис. 129) обеспечивают выравнивание нагрузки между параллельными цепями тиристоров. Параллельно тиристорам подключены цепочки R11-C1 и R12-C2, которые, во-первых, снижают коммутационные перенапряжения и, во-вторых, обеспечивают более равномерное распределение напряжений между последовательно соединенными вентилями. Резисторы связи R1 — R10 распространяют действие цепочек R11-C1 и R12-C2, а также диодов Д1 и Д2 (о их роли сказано ниже) на все вентили плеча.

На вводы А и Б подается переменное синусоидальное напряжение; в один, рабочий полупериод направление его соответствует проводимости тиристоров. Отпирающие импульсы на все тиристоры в рабочий полупериод подают одновременно от вторичных обмоток импульсного трансформатора ТИ. Для тиристора, например, В7 цепь для отпирающего импульса такая: вторичная обмотка трансформатора ТИ, резистор R19, управляющий электрод вентиля В7, его катод, диод Д1, вторичная обмотка ТИ. Резисторы R13 — R24 в цепях управляющих электродов выравнивают по величине импульсы, подаваемые на одновременно открываемые тиристоры. Диоды Д1 и Д2 исключают возможность протекания тока в обратном направлении

через управляющие электроды (например, при перемагничивании сердечника импульсного трансформатора).

Первичной у импульсного трансформатора является обмотка $H-K$, H_0-K_0 . Импульсы на нее подаются от усилителя импульсов, в который входят конденсаторы С4, С5, тиристоры ВУ1, ВУ2 и трансформатор Тр1. Импульсы в первичную обмотку ТИ поступают при разряде предварительно заряженных конденсаторов С4 и С5 по цепи: конденсаторы, первичная обмотка ТИ, конденсатор С3, резисторы R28, R29, диод Д3, управляемый вентиль ВУ1, конденсаторы С4 и С5. Конденсаторы заряжаются в нерабочий полупериод от обмотки а-х трансформатора Тр1 через открытый тиристор ВУ2. Через первичную обмотку ТИ ток не идет, и конденсаторы не разряжаются, так как тиристор ВУ1 заперт. В следующий рабочий полупериод от устройств, регулирующих режим реостатного торможения, на выводы 14 и 15 поступает небольшой по мощности импульс, открывающий ВУ1. Усилитель импульсов усиливает его, а импульсный трансформатор ТИ «размножает» — направляет ко всем силовым тиристорам; тиристоры открываются.

Регулирование режима реостатного торможения осуществляют специальные устройства, изменяющие момент открытия тиристора ВУ1 в пределах рабочего полупериода. Чем позже будут подаваться импульсы, открывающие тиристор ВУ1 и соответственно все силовые тиристоры, тем меньше будет ток

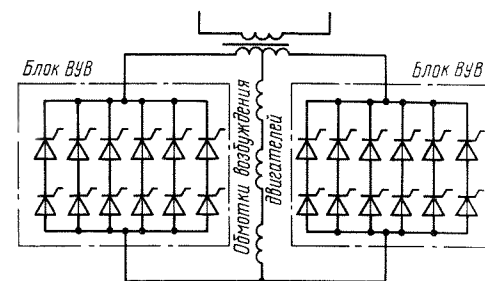


Рис. 128. Схема выпрямителей для обмотки возбуждения двигателей

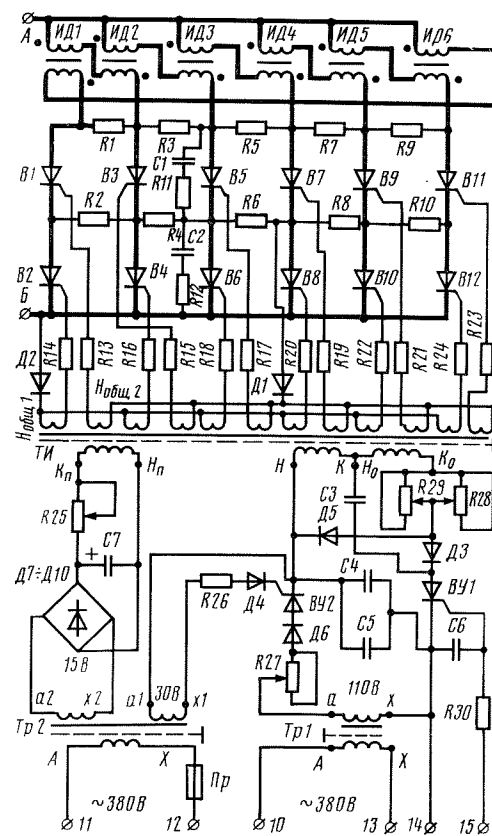


Рис. 129. Схема электрических цепей блока ВУВ

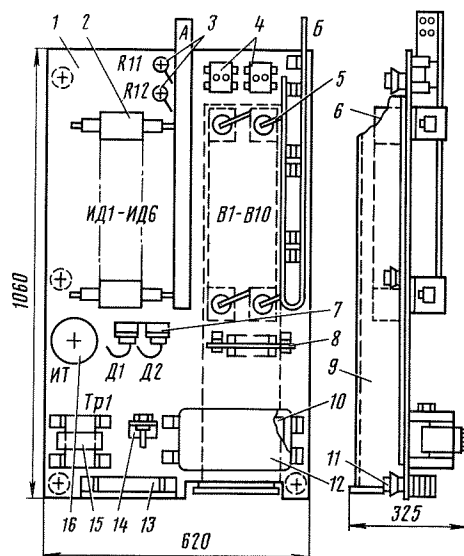


Рис. 130. Общий вид блока ВУВ:

1 — панель; 2 — индуктивный шунт; 3 — резистор; 4 — конденсаторы; 5 — тиристор; 6 — охлаждающий; 7 — диод; 8 — панель резисторов; 9 — стеклопластовый желоб; 10 — панель управления; 11 — изолятор; 12 — кожух; 13 — зажимы; 14 — предохранитель; 15 — трансформатор; 16 — импульсный трансформатор

момент, когда открывается тиристор обмотки $a1-x1$ трансформатора $Tr2$.

Размагничивающая обмотка $H_n - K_n$ трансформатора TI , на которую подается напряжение через мост $D7-D10$ от обмотки $a2-x2$ трансформатора $Tr2$, по существу в формировании импульсов не участвует. Она служит для перемагничивания сердечника TI в нерабочий полупериод, что позволяет уменьшить его габариты.

Все оборудование блока ВУВ смонтировано на основной панели 1 (рис. 130), укрепленной на шести изоляторах 11. Оборудование усилителя импульсов смонтировано на дополнительной панели 10, закрытой металлическим кожухом 12, которая крепится к основной панели. Выпрямительная установка возбуждения получает питание от вторичной обмотки трансформатора с номинальным напряжением 175 В, выпрямленный ток длительный 850 А, а 20-минутного режима 1300 А. Изоляция силовой части ВУВ относительно земли рассчитана на напряжение 2000 В.

§ 40. Выпрямительно-инверторный преобразователь электровоза ВЛ80^Р

Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) на электровозе ВЛ80^Р предназначен в режиме тяги для выпрямления однофазного переменного тока частотой 50 Гц в постоянный, а в режиме

возбуждения и сила торможения электровоза, и наоборот. Чтобы увеличить силу торможения, следует раньше отпирать тиристор $ВУ1$.

Для надежного отпирания тириستоров необходимы импульсы определенной формы, обусловленной скоростью нарастания и максимальным значением тока, продолжительностью его протекания и др. В то же время, чтобы не происходило повреждения тиристоров, параметры импульсов не должны выходить за определенные пределы. Емкость конденсатора $C3$ и сопротивление резисторов $R28, R29$ подобраны так, что обеспечиваются необходимая форма и параметры отпирющих импульсов.

По окончании отпирющих импульсов в следующий, нерабочий полупериод начинается очередной заряд конденсаторов $C4$ и $C5$ в $ВУ2$, получая напряжение от

рекуперативного торможения электровоза — для преобразования постоянного тока, генерируемого тяговыми двигателями электровоза, в однофазный переменный частотой 50 Гц. На каждой секции электровоза установлено два ВИП.

Основу ВИП составляют тиристоры Т2-320 14-го и 15-го классов. Они вмонтированы в радиаторы охлаждения и собраны в восемь плеч. Для управления открытием тиристоров на ВИПе установлена система блоков формирования импульсов.

Рассмотрим особенности электрической схемы, например плеча 2 (рис. 131). Силовую часть схемы составляют семь параллельных ветвей (на рисунке показаны только верхние три и нижняя 7-я ветви) с тремя последовательно соединенными тиристорами в каждой из них. Анодные цепи объединены шиной 424, которая является минусовой для цепей тяговых двигателей. Катоды каждой ветви перемычками 360—367 соединены с анодами соответствующей ветви плеча 1. Каждая перемычка через индуктивный делитель тока $L1-L7$ соединена с общей шиной А, которая в свою очередь на электровозе соединяется с выводом $a1$ (или $a2$) вторичной обмотки тягового трансформатора.

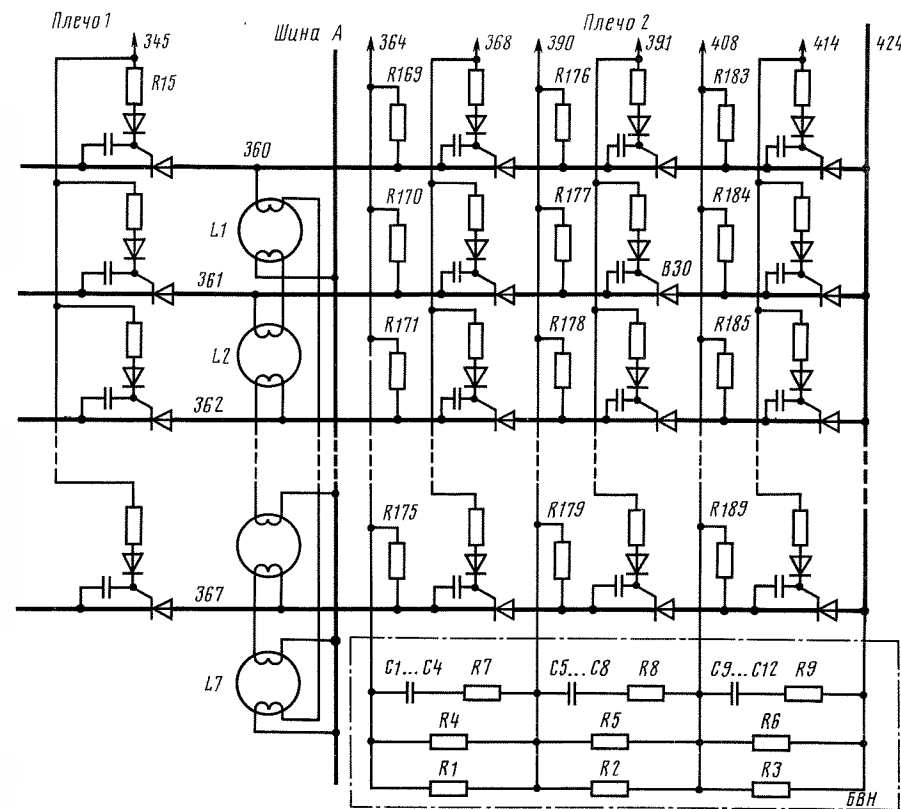


Рис. 131. Схема плеча 2 выпрямительно-инверторного преобразователя

В рабочий полупериод в определенный момент времени, заданный блоком управления ВИП, должны одновременно открыться все тиристоры ($3 \times 7 = 21$) плеча 2. Чтобы тиристоры открывались одновременно, импульсы на их управляющие электроды подаются одновременно, причем фронт импульса должен быть по возможности круче. Подача управляющих импульсов от блока импульсных трансформаторов (БИТ) производится по проводам 414, 408 к правой колонке тиристоров, 391, 390 к средней и 368, 364 к левой колонке. Цепи, по которым осуществляется подача импульсов к тиристорам, одинаковы. Например, импульс к тиристору В30 подается по цепи: провод 391, резистор R30, диод В184, управляющий электрод — катод тиристора В30, резистор R177, провод 390.

Ток в каждой ветви плеча 2 протекает справа налево по направлению к шине А. Индуктивные делители тока обеспечивают их выравнивание. Если почему-либо в одной ветви, например во второй сверху, ток начинает уменьшаться, то изменяются магнитные потоки в делителях L2 и L1. Это приводит к образованию в обмотках делителей таких электродвижущих сил (э.д.с.), которые будут стремиться увеличить ток во второй ветви и уменьшить ток в соседних ветвях — первой и третьей сверху. Поскольку плечи 2 и 1 работают поочередно в разные полупериоды, оказалось возможным для них использовать один комплект делителей. Таким образом, в каждом ВИПе имеются четыре комплекта индуктивных делителей.

Выравнивание токов в параллельных ветвях достигается также специальным подбором тиристоров по их сопротивлению в проводящем направлении. Для обеспечения равномерности распределения тока вентили должны быть подобраны так, чтобы сумма падений напряжений в каждой ветви была по возможности одинаковой. Разброс по суммарному падению напряжения тиристоров каждой ветви как при предельном токе, так и при токе, равном 0,25 предельного, не должен превышать $0,02 \text{ В} \times n$, где n — число последовательно включенных тиристоров.

Блок выравнивания напряжения БВН (см. рис. 131) предназначен для равномерного распределения прямых и обратных напряжений по последовательно включенным тиристорам. Это достигается тем, что параллельно каждому столбу тиристоров через резисторы R169—R189 подключены резисторы R1—R6. Примерно одинаковые падения напряжения на парах резисторов R1 и R4, R2 и R5, R3 и R6 обеспечивают достаточно равномерное распределение напряжения на соответствующих тиристорах. Цепочки RC, состоящие из конденсаторов C1—C12 и R7—R9, служат для снятия внутренних коммутационных перенапряжений.

Схемы электрических цепей остальных плеч такие же, как и плеча 2.

ВИП состоит из параллельно соединенных однофазных мостов с плечами 1—8 (рис. 132). В каждом плече семь параллельных ветвей — на функциональной схеме они изображены одной ветвью. Каждая ветвь состоит из двух (плечи 5 и 6) или трех (остальные плечи) тиристоров. Силовые выводы — шины А, Б, Д и С — подсоединяют к выводам тягового трансформатора; выводы X1.1 и X1.5 представляют собой полюсы «+» и «-», подсоединяемые к цепям тяговых двигателей. Индуктивные делители тока на схеме условно

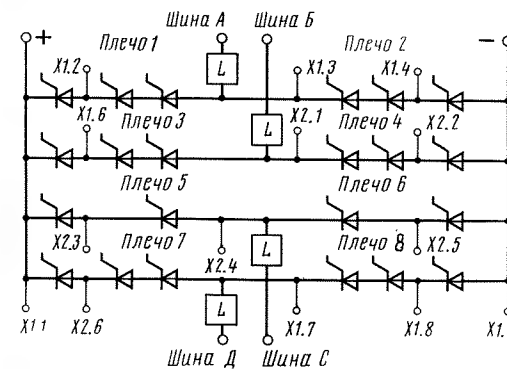


Рис. 132

Рис. 132. Принципиальная схема ВИП

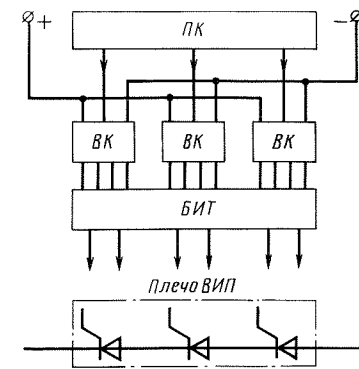


Рис. 133

Рис. 133. Структурная схема блоков формирования импульсов управления

показаны квадратиками с буквой L. К выводам X1.1, X1.2—X1.8, X2.1—X2.6 подключают устройства защиты и сигнализации, срабатывающие при пробое тиристоров.

Неотъемлемой частью ВИПа является система блоков формирования импульсов. Способ регулирования режима работы электровоза ВЛ80^Р и соответственно ВИП был рассмотрен в § 27. Регулирование момента подачи импульсов управления на тиристоры в определенной очередности по плечам выполняет блок управления ВИП (БУВИП).

От БУВИП команды на открытие тиристоров поступают в системы блоков формирования импульсов (СБФИ) соответствующих плеч ВИП в виде коротких (длительностью 50 мкс) импульсов. Такой импульс не может обеспечить открытие всех тиристоров плеча. СБФИ предназначена для формирования, усиления и размножения открывающих импульсов для тиристоров одного плеча по команде, поступающей от БУВИП.

СБФИ (рис. 133) состоит из одного блока предварительного каскада ПК, трех (или двух для плеч 5 и 6) блоков выходного каскада ВК и блока импульсных трансформаторов БИТ. Блок ПК получает команду непосредственно от БУВИП, формирует два или три импульса — по числу блоков ВК, увеличивает их продолжительность с 50 до 700—1200 мкс, что обеспечивает надежное открытие тиристоров. Однако после таких преобразований получаются импульсы с пологим фронтом, которые не могут обеспечить одновременное открытие всех тиристоров точно в заданный момент. БИТ восстанавливает вертикальный фронт открывающих импульсов. В нем управляющий импульс формируется двумя импульсными трансформаторами: один из них обеспечивает необходимую крутизну фронта, другой — необходимую продолжительность. Кроме того, импульсные трансформаторы обеспечивают гальваническую развязку низковольтных и высоковольтных цепей. В блоке БИТ имеется шесть или четыре (в зависимости от числа последовательно включенных тиристоров) импульсных трансформаторов. Одна пара трансформаторов посылает импульс к семи тиристорам одного столба.

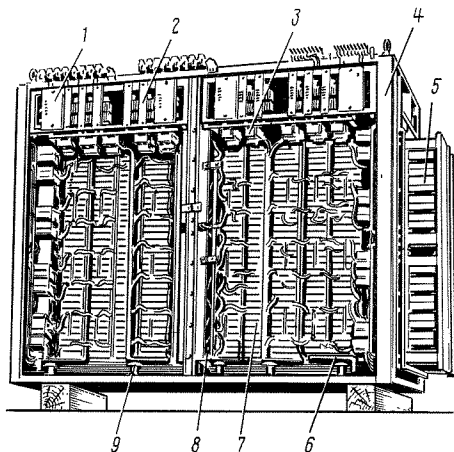


Рис. 134. Выпрямительно-инверторный преобразователь:

1—кассета предварительного каскада БФИ; 2—кассеты выходного каскада БФИ; 3—блок импульсных трансформаторов; 4—каркас; 5—блок БВИ; 6—шина; 7—блок тиристоров; 8—делитель тока; 9—изолятор

надежным, что часто приводило к сбоям в работе электровоза и поэтому в настоящее время этот блок не используется.

У преобразовательной установки остоном служит сварной каркас 4 (рис. 134) из профильной и листовой стали. Расположение элементов на каркасе выполнено с учетом удобства выполнения монтажа и обслуживания при эксплуатации, а также обеспечения эффективного принудительного воздушного охлаждения радиаторов тиристоров. На лицевой стороне ВИП расположены плечи 1, 2, 3 и 8 (обозначения плеч даны в соответствии с электрической схемой), на обратной—плечи 4, 5, 6 и 7. Расположение плеч и маркировка тиристоров 7 указаны на табличках, укрепленных на каждой стороне ВИП. Цепи вентиляей расположены по горизонтали. По высоте установлено семь тиристоров, что соответствует числу параллельных ветвей тиристоров в одном плече. По горизонтали расположены с одной стороны ВИП 12, а с другой—10 тиристоров. Тиристоры в конструкцию встраиваются блоками, которые содержат по одному или два тиристора.

Панели блоков тиристоров образуют канал охлаждения. Охлаждение воздушное, принудительное. Направление движения воздуха—сверху вниз.

С одной стороны ВИП в средней части расположены блоки индуктивных делителей тока 8 для плеч 1, 2; с обратной стороны—для плеч 5, 6. На торцах ВИП установлены блоки индуктивных делителей тока для плеч 7, 8 и 3, 4.

Элементы блоков БВИ размещены на панелях: внутри ВИП с одной стороны—для плеч 4 и 6, с другой стороны—для плеч 5 и 7. Снаружи ВИП на его торцах расположены БВИ (блок 5) для плеч 1,

Во всех блоках выведены контрольные точки для обеспечения проверки их исправности. Для защиты блоков ВИП от токов коротких замыканий в блоке ПК установлен предохранитель. При перегорании предохранителя загорается красная сигнальная лампа, размещенная на этом блоке.

Блоки ПК и ВК питаются от источника стабилизированного напряжения 49—61 В выпрямленного тока. При пониженных напряжениях питания блоки не могут обеспечить устойчивую работу ВИП. Для предотвращения сбоя при снижениях напряжения питания блоков был установлен специальный блок защиты, который прекращал подачу импульсов от БУВИП и тем самым прерывал тяговый или тормозной режим. Однако блок защиты в эксплуатации был не-

2, 3 и 8. Устройства выравнивания напряжения каждого плеча расположены на отдельных панелях.

Система блоков формирования импульсов 1 и 2 и блока защиты от снижения питающего напряжения размещена в верхней части ВИП. Там же расположены и панели зажимов для подключения сигнализации при пробое вентилей и для подключения системы управления электровоза (от БУВИП) к формирователям импульсов ВИП. В нижней части каркаса имеются болты для заземления.

Надежная работа ВИП обеспечивается при нормально действующей принудительной вентиляции, наличии защиты от коротких замыканий, перегрузок по току, системы сигнализации о пробое тиристоров, защиты от прекращения потока воздуха, защиты от перенапряжений, датчиков слежения за углом коммутации в аппаратуре управления.

Технические данные ВИП следующие:

Номинальное напряжение вторичной обмотки	1230 В
Номинальное выпрямленное напряжение	1250 »
Номинальный выпрямленный ток	1760 А
Наибольшее значение тока в течение 15 мин	3100 »
Коэффициент полезного действия не менее	98%
Сопротивление электрической изоляции	30 МОм
Номинальное выпрямленное напряжение источника питания блоков формирования импульсов	55 В
Номинальный выпрямленный ток источника питания	60 А
Пульсация	3%
Параметры импульсов управления на входе блоков формирования импульсов:	
амплитудное значение напряжения не менее	20 В
амплитудное значение тока не менее	3,2 А
длительность тока не менее	50 мкс
скорость нарастания тока не менее	0,1 А/с

В комплект поставки на одну секцию электровоза входят два ВИП и один блок конденсаторов, которые используют в фильтре источника питания для системы блоков формирования импульсов. Блок конденсаторов состоит из 10 отдельных блоков, в каждый из которых в свою очередь входят 80 конденсаторов, укрепленных на алюминиевой панели. Каждый блок имеет выходные шпильки «+» и «-». Одноименные шпильки объединены шинками.

§ 41. Выпрямительные установки электровоза ЧС4^т

На электровозах ЧС4^т выпрямительные установки используются для выпрямления тока в цепях тяговых двигателей, в цепях вспомогательных машин и в цепи обмоток возбуждения двигателей при реостатном торможении. На электровозе установлены две тяговые

выпрямительные установки по одной на три тяговых двигателя. В каждой выпрямительной установке четыре плеча, состоящих из 16 параллельных ветвей, в которых по четыре неуправляемых вентиля Д200 штыревого типа на 200 А не ниже 8-го класса. Таким образом, в тяговой выпрямительной установке $(4 \times 16) \times 4 = 256$ вентиля.

В отличие от выпрямительных установок электровоза ВЛ80^т, где равномерное распределение тока по параллельным ветвям достигается специальным подбором вентиля по прямому падению напряжения, здесь используют компенсирующие трансформаторы (по 16 на каждую пару плеч) в соответствии с числом параллельных ветвей в плече.

Первичная обмотка каждого такого трансформатора состоит из четырех витков медной шины сечением 30×2 мм. Она подключена одним выводом к шине, идущей от тягового трансформатора, а вторым — к перемычкам между ветвями вентиля смежных плеч. Вторичной обмоткой служит проходящая через окно сердечника медная шина сечением 10×4 мм, общая для 16 трансформаторов, т. е. вторичные обмотки трансформаторов соединены последовательно.

Наводимый в трансформаторах магнитный поток способствует выравниванию первичных токов, т. е. токов параллельных ветвей плеч. Точность выравнивания токов определяется только параметрами компенсирующих трансформаторов независимо от числа параллельно включенных ветвей вентиля.

Благодаря применению компенсирующих трансформаторов допускается коммутация плеч вентилями и замена их без подбора по значению прямого падения напряжения. Максимальная неравномерность распределения тока по параллельным ветвям при токе 200 А не превышает ±5%. Трансформаторы имеют габариты 85×90×80 мм и массу 2,3 кг.

В каждой из двух выпрямительных установок имеется еще выпрямитель для цепей вспомогательных машин. Для стабилизации напряжения питания машин в каждые два плеча выпрямительных мостов поставлены тиристоры Т100, позволяющие осуществлять фазовое регулирование — стабилизацию выпрямленного напряжения. В каждом шкафу три полууправляемых моста.

Охлаждение радиаторов вентиля осуществляется вентиляторами, общими для выпрямительной установки и тяговых двигателей. Воздушный поток используется и для охлаждения тормозных резисторов.

Для обмоток возбуждения двигателей при реостатном торможении использованы тиристоры Т-250, установленные в специальном шкафу. Они установлены по четыре параллельно в двух плечах. В неуправляемых плечах по шесть параллельных диодов Д200 не ниже 9-го класса. Для лучшего использования вентиля, точнее для равномерного распределения тока, применены также компенсирующие трансформаторы.

§ 42. Общие сведения

На электровозах переменного тока применяют следующие вспомогательные машины:

мотор-компрессоры, обеспечивающие сжатым воздухом пневматические системы электровоза и тормоза поезда;

мотор-вентиляторы, создающие потоки воздуха для охлаждения тяговых двигателей, выпрямителей, реакторов, трансформатора и резисторов;

мотор-насосы, обеспечивающие циркуляцию жидкости в системе охлаждения трансформатора;

расщепители фаз, преобразующие однофазный ток в трехфазный для питания трехфазных асинхронных вспомогательных машин;

генераторы управления, питающие постоянным током цепи управления и освещения электровоза и служащие для заряда аккумуляторной батареи.

За исключением расщепителей фаз и генераторов управления, каждая вспомогательная машина представляет собой агрегат, состоящий из вспомогательного механизма (компрессор, вентилятор, насос) и электродвигателя, который приводит в действие этот механизм. Большинство двигателей вспомогательных механизмов питается от вспомогательной обмотки трансформатора.

На электровозах ВЛ80^т, ВЛ80^р, ВЛ80^к и ВЛ60^к применены в качестве привода вспомогательных машин трехфазные асинхронные двигатели, а на электровозах ЧС4^т — двигатели постоянного тока, питание которых осуществляется от кремниевых полупроводниковых выпрямительных установок.

Асинхронные вспомогательные двигатели и двигатели постоянного тока обладают различными свойствами. Это различие особенно заметно проявляется при изменениях (в широких пределах) напряжения обмотки вспомогательных цепей трансформатора вследствие колебания напряжения в контактном проводе. В этих условиях частота вращения асинхронных двигателей не изменяется и они обеспечивают постоянную производительность вспомогательных механизмов. Напротив, частота вращения двигателей постоянного тока прямо пропорциональна напряжению. Поэтому производительность вспомогательных механизмов, приводимых в движение такими двигателями, уменьшается при понижении напряжения в контактном проводе.

С другой стороны, при снижении напряжения вращающий момент асинхронного двигателя уменьшается, и он может остановиться или при включении на низкое напряжение не тронуться с места. Вращающий момент двигателя постоянного тока не зависит от напряжения, поэтому такой двигатель не остановится при низком

напряжении, но его частота вращения снизится. Достоинством асинхронных двигателей является простота их конструкции и относительно небольшая стоимость.

Вспомогательные механизмы, которые должны работать при опущенном токоприемнике (пантографе) или отсутствии напряжения в контактном проводе, на всех электровозах приводятся в движение двигателями постоянного тока, получающими питание от аккумуляторной батареи. К этим механизмам относится компрессор, используемый для подъема токоприемника, когда на электровозе нет воздуха, и приводной двигатель переключателя ступеней.

§ 43. Асинхронные двигатели

На электровозах ВЛ80^т установлены двигатели серии А (асинхронные). Для привода вентиляторов и компрессоров применяют двигатели АЭ92-4 (буквы АЭ означают асинхронный электровозный, первая цифра после буквы — наружный диаметр сердечника статора, вторая — длину сердечника, цифра после тире — число полюсов). Двигатели этого типа созданы специально для электровозов в тяговом исполнении. Они отличаются от асинхронных двигателей обычного общепромышленного назначения, которые, как показал опыт, непригодны для работы на электровозах. Двигатели нового типа рассчитаны на работу в условиях повышенных вибраций, резких изменений температур (от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$), повышенной влажности ($95 \pm 3\%$).

Двигатель АЭ92-4 (рис. 135) открытого исполнения, устанавливается на электровозе в горизонтальном положении. Он имеет стальную станину 9, сварную, образованную из двух торцовых колец 8, приваренных к продольным ребрам 14 и обшивке 10. В станине закреплен сердечник статора 12, состоящий из штампованных листов электротехнической стали, в пазах которого уложена обмотка 15. Обмотка статора состоит из жестких пропитанных катушек (медь прямоугольного сечения). Катушки в пазах закреплены клиньями. Изоляция обмотки применена кремнийорганическая нагревостойкости класса Н.

Шесть выводов обмотки статора — начало и конец каждой фазы, выполненные гибким кабелем с теплостойкой изоляцией, закреплены в коробке выводов 22, расположенной на станине. Три вывода, по одному из каждой фазы, соединены вместе. Таким образом, обмотка соединена по схеме «звезда».

Ротор состоит из сердечника 13, набранного также из листов электротехнической стали. Пазы сердечника ротора залиты алюминиевым сплавом, который образует короткозамкнутую обмотку 17. В сердечнике ротора имеются осевые вентиляционные каналы.

Ротор на валу 20 вращается в подшипниках 2 и 19, установленных в капсулы 3 подшипниковых щитов 4 и 16, которые болтами 7 прикрепляют к торцовым кольцам 8 станины. Подшипники закрывают крышками 1 и 18 с лабиринтными уплотнениями для предохранения подшипников от попадания в них пыли. Подшипниковые щиты стальные, сварные, имеют вентиляционные окна для входа и выхода воздуха. На окнах установлены защитные сетки.

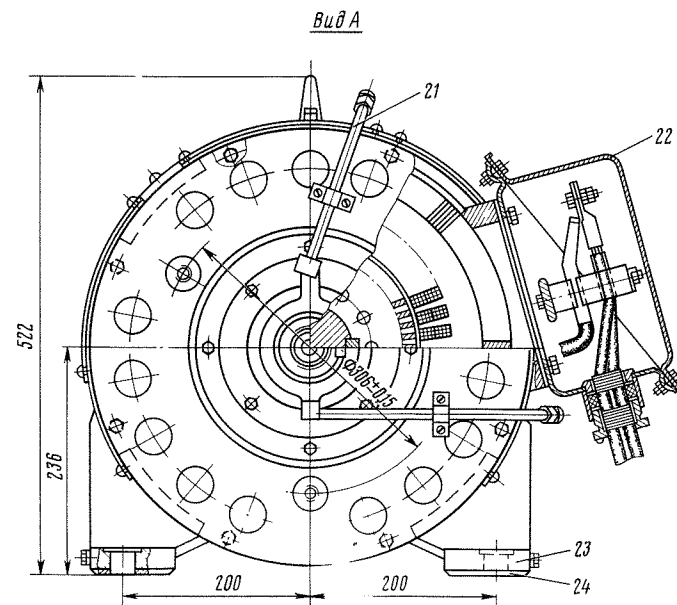
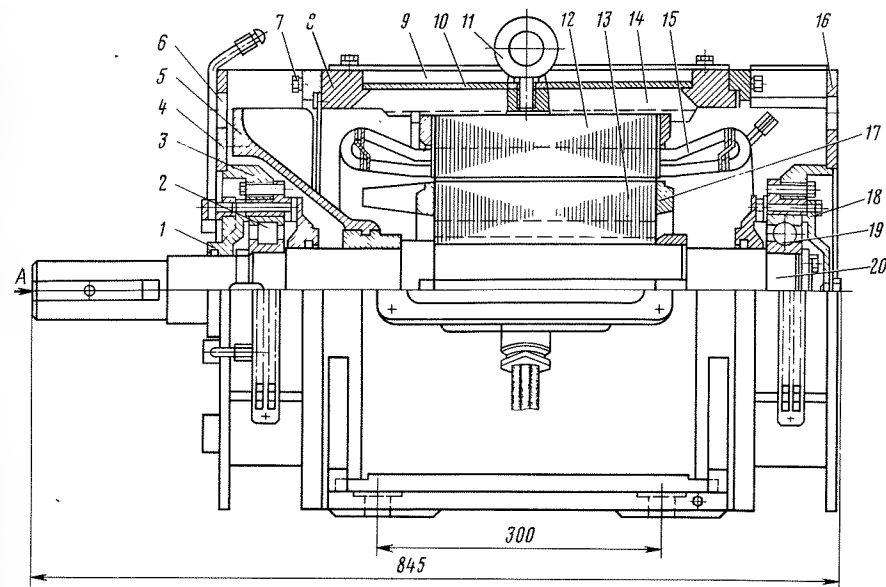


Рис. 135. Общий вид двигателя АЭ92-4

Электродвигатель снабжен вентилятором 5. Вентилятор центробежный, с радиальными лопатками и направляющим диском обтекаемой формы, отлит из алюминиевого сплава. Вентилятор засасывает воздух с противоположной стороны через окна и отверстия в подшипниковом щите 16, поступает внутрь двигателя, охлаждает лобовые части обмотки статора, затем разделяется на два параллельных потока: первый проходит между наружной поверхностью сердечника статора 12 и обшивкой 10 станины, второй через вентиляционные каналы сердечника ротора 13. Затем воздух омывает лобовые части обмотки статора, поступает в вентилятор 5 и выбрасывается наружу через окна 6 в подшипниковом щите 4.

На станине двигателя имеется ушко 11 для подъема двигателя, а также маслопровод 21. Стальные болты 23 заземления ввернуты в лапу 24 станины. На рисунке показан двигатель с одним свободным концом вала, но применяют двигатели и с двумя свободными концами.

На электровозах ВЛ80^к устанавливали асинхронные двигатели единой серии АС82-4 для привода вентиляторов и компрессоров, а на электровозах ВЛ60^к—двигатели АП82-4 для вентиляторов и АС81-6 для компрессоров (буквы АП означают асинхронный с повышенным пусковым моментом, АС—асинхронный с повышенным скольжением).

Вентиляторы насаживаются на свободный конец вала двигателя, а компрессоры соединяются с ним при помощи редуктора или муфты. Конструкция этих двигателей аналогична конструкции двигателя АЭ92-4.

Асинхронные двигатели единой серии АП и АС, принятые вначале в качестве вспомогательных машин для электровозов, выпускались с усиленной изоляцией нагревостойкости класса В и стальными (вместо чугунных) подшипниковыми щитами, но все же оказались в эксплуатации недостаточно надежными. При модернизации на электровозах ВЛ80^к и ВЛ60^к вместо этих двигателей устанавливают двигатели АЭ92-4.

Основные технические данные асинхронных двигателей приведены в табл. 5.

Режим работы асинхронных двигателей на электровозах значительно отличается от режима, на который они рассчитаны и который характеризуют их паспортные данные. Асинхронные двигатели полу-

чают питание на электровозе от несимметричной трехфазной системы напряжения, форма которого значительно отличается от синусоидальной, а значение изменяется от 265 до 455 В.

Вращающий момент асинхронных двигателей существенно зависит от напряжения на зажимах: при минимальном напряжении он приблизительно в 2 раза меньше номинального. Если выбрать двигателя без запаса мощности, т. е. рассчитать их на номинальную нагрузку при напряжении трансформатора 380 В, то при снижении напряжения в контактной сети до 19—20 кВ они останутся. Поэтому мощность всех вспомогательных двигателей примерно в 2 раза больше, чем это необходимо для привода механизмов при номинальном напряжении. Так, мощность, развиваемая двигателями на электровозе ВЛ60^к при 380 В, составляет 15 кВт для АС81-6 и 20 кВт для АП82-4. Это значительно меньше их номинальной мощности.

Кроме того, запас по мощности вспомогательных двигателей обусловлен несимметрией трехфазной системы питающего напряжения.

Симметричной называют систему напряжений, в которой напряжения трех фаз C_1C_2 , C_2C_3 и C_3C_1 (рис. 136) равны и сдвинуты друг относительно друга на 120° эл. При этом в обмотках двигателей протекает трехфазный синусоидальный ток.

Несимметрия напряжений вызывает неравенство фазовых токов двигателя и сдвиг их на угол, не равный 120° эл. Неравномерность нагрузки фаз двигателя приводит к повышенному нагреванию той обмотки, по которой протекает наибольший ток, что ограничивает мощность машины. Вследствие несимметрии, кроме того, несколько уменьшается пусковой момент двигателя.

Расщепители фаз электровоза обеспечивают практически симметричный режим работы двигателей только при номинальном напряжении, если работают все вспомогательные машины. В том случае, когда число включенных машин мало, симметрия нарушается. При несимметричном питании вспомогательных машин их механическая устойчивость может понизиться. Заметно нарушается симметрия при изменении напряжения относительно номинального. В случае отключения одного из расщепителей фаз также нарушается симметрия.

Для выравнивания фазовых напряжений и токов двигателей между генераторной фазой расщепителей фаз и одним из выводов обмотки вспомогательных цепей трансформатора включены конденсаторы. Конденсаторы распределены по цепям вспомогательных двигателей. К двигателям вентиляторов присоединено по три конденсатора КМ-0,5, двигатели компрессоров имеют по одному такому конденсатору, а в цепи сравнительно маломощных двигателей насоса конденсаторов нет.

Конденсатор КМ-0,5, который применяют на электровозах, представляет собой две пластины из алюминиевой фольги, которые разделены пропитанной трансформаторным маслом бумагой и помещены в банку из листовой стали. Если к конденсатору подвести переменное напряжение, то ток в его цепи будет опережать напряжение на четверть периода. Это свойство конденсаторов и используют для выравнивания нагрузки фаз вспомогательных двигателей.

Таблица 5

Показатель	Технические данные двигателя типа			
	АЭ92-4	АП82-4	АС81-6	АС82-4
Напряжение, В	380	380	380	380
Мощность, кВт	40	55	25	55
Частота вращения, об/мин	1405	1460	925	1380
К.п.д., %	85,5	90,5	84	86,2
Ток, А	90	107	51,5	106,2
Класс изоляции	Н	В	В	В
Масса, кг	390	400	360	400

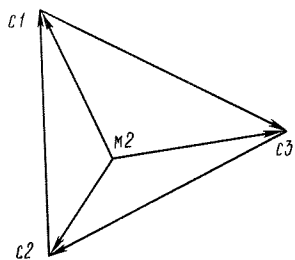


Рис. 136. Векторная диаграмма напряжений

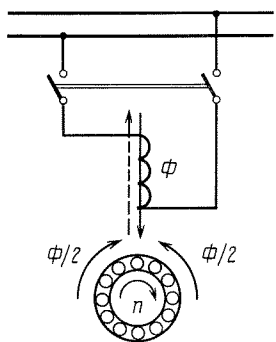


Рис. 137. Схема, поясняющая действие магнитного потока в неподвижном однофазном двигателе

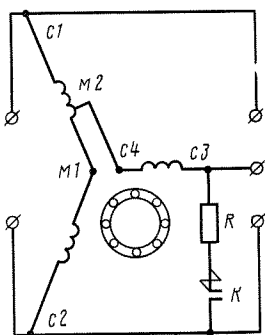


Рис. 138. Принципиальная схема соединения обмоток статора расщепителя фаз НБ-455

Емкость одного конденсатора КМ-0,5 равна 125—130 мкФ. Рассчитан он на напряжение 500 В, имеет мощность примерно 10 квар, масса его 23 кг.

§ 44. Расщепители фаз

Преобразование однофазного тока трансформатора в трехфазный для питания асинхронных двигателей на электровозах осуществляют расщепители фаз. Расщепитель фаз представляет собой асинхронную машину, выполняющую одновременно функции однофазного двигателя и трехфазного генератора.

Рассмотрим, как работает однофазный асинхронный двигатель. При питании его обмотки однофазным синусоидальным током возникает переменное синусоидальное магнитное поле. В неподвижном однофазном двигателе в отличие от трехфазного создается не вращающееся, а пульсирующее магнитное поле, которое в течение одного полупериода имеет одно направление вдоль оси обмотки, а в течение другого — противоположное направление (рис. 137). Пульсирующее поле можно рассматривать как два вращающихся с одинаковой скоростью в противоположных направлениях поля, создаваемых потоками $0,5 \Phi$. Такое представление о пульсирующем поле справедливо для неподвижного двигателя.

При питании однофазным током асинхронный двигатель с места не тронется, так как нет вращающегося поля. Однако, если ротор двигателя с помощью какой-либо посторонней силы запустить и придать ему частоту вращения n , он будет продолжать вращаться. В этом случае поле вращающегося ротора почти полностью гасит составляющую пульсирующего поля, вызванную потоком $0,5 \Phi$, которая вращается встречно по отношению к ротору. Другая составляющая поля движется в одном с ротором направлении, как у обычного асинхронного двигателя, и поддерживает его вращение. Так как однофазные асинхронные двигатели не развивают пускового момента и у них плохо используется мощность, то их не применяют для привода вспомогательных механизмов электровоза, но принцип их действия используют в расщепителях фаз.

На электровозах применен расщепитель фаз НБ-455, обмотки которого соединены в трехфазную несимметричную звезду (рис. 138). Две фазы звезды $c1=m2$ и $m1=c2$ составляют двигательную обмотку, а третья фаза $c3-c4$ — так называемая генераторная. Вначале эту третью обмотку используют для запуска расщепителя фаз. Известно, что только от двигательной обмотки пуск его осуществить невозможно. Если же к двигательной обмотке присоединить обмотку, в цепи которой имеется резистор, то такой двигатель приходит во вращение. Поясним это.

В момент включения двигательных обмоток расщепителя на однофазное напряжение трансформатора контактор K замкнут и генераторная обмотка получает питание по цепи, проходящей через пусковой резистор R . Из-за введения активного сопротивления резистора R цепи двигательной и генераторной обмоток имеют разные соотношения индуктивных и активных сопротивлений. От этих соотношений зависит сдвиг тока относительно питающего напряжения. Ток генераторной обмотки оказывается сдвинутым по фазе на некоторый угол по сравнению с током в двигательных обмотках, и хотя при этом не образуется симметричной трехфазной системы токов, все же этого сдвига оказывается достаточно для разгона расщепителя без нагрузки при отключенных вспомогательных двигателях.

Этим исчерпывается действие генераторной обмотки в процессе пуска расщепителя фаз.

Когда частота вращения достигает 1430 об/мин, срабатывает реле оборотов, отключающее контактор K . После отключения контактора расщепитель работает как однофазный асинхронный двигатель на холостом ходу, получая питание от вторичной обмотки собственных нужд трансформатора. При этом вращающееся магнитное поле, образованное двигательной обмоткой и ротором, пересекает витки генераторной обмотки, наводя в ней э.д.с., сдвинутую примерно на 90° эл. по отношению к напряжению обмотки вспомогательных цепей трансформатора. Необходимый сдвиг по фазе э.д.с. в генераторной обмотке обусловлен расположением этой обмотки на статоре под углом примерно 120° относительно двигательных обмоток. Таким образом, создается трехфазная система, у которой под напряжением находятся три выхода: $c1$ и $c2$ от вторичной обмотки собственных нужд трансформатора и один $c3$ от генераторной обмотки расщепителя фаз. Если присоединить трехфазный двигатель к этим трем выводам, то он начнет вращаться и будет развивать необходимый момент для привода вспомогательного механизма — вентилятора или компрессора. Чтобы получить симметричную трехфазную систему напряжений, обмотки расщепителя фаз выполняют с различным числом витков: 28 витков у $c1-m2$, 44 витка у $m1-c2$ и 54 витка у $c3-c4$.

Если при работающем расщепителе фаз измерить напряжение между всеми его выводами, то можно построить диаграмму напряжений (см. рис. 136), из которой видно, что напряжения между выводами $c1-c3$, $c3-c2$, $c2-c1$ равны и образуют симметричную трехфазную систему. При симметричной нагрузке мощность расщепителя фаз составляет одну треть мощности, потребляемой вспомогательными машинами электровоза, т. е. мощности, которая преоб-

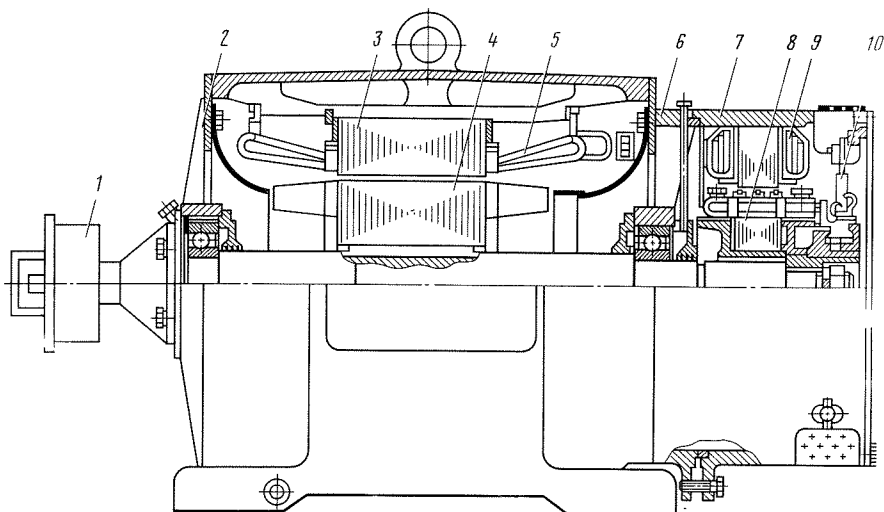


Рис. 139. Расщепитель фаз НБ-455 с генератором управления

разуется в генераторной обмотке. Остальные две трети мощности потребляются непосредственно из сети от вторичной обмотки собственных нужд трансформатора.

Расщепитель фаз НБ-455 представляет собой агрегат, состоящий из собственно расщепителя и генератора управления ДК-405 (рис. 139). Расщепитель фаз рассчитан на напряжение 380 В и имеет мощность 210 кВт·А. При частоте тока 50 Гц частота вращения его ротора составляет 1490 об/мин. Масса расщепителя вместе с генератором управления составляет 900 кг.

В литой чугунный остов расщепителя впрессован сердечник 3, набранный из листов электротехнической стали. В 60 пазах статора размещена трехфазная обмотка 5, имеющая изоляцию класса В. Ротор 4 имеет набранный из листов электротехнической стали сердечник и алюминиевое «беличье колесо», ротор напрессован на вал, вращающийся в шариковых подшипниках. На одном конце вала установлено реле оборотов 1 типа РО33, на другом, удлиненном — якорь 8 генератора управления. Корпус реле крепят к подшипниковому стальному щиту 2 расщепителя. Стальной литой остов 7 генератора управления с помощью болтов прикреплен к подшипниковому щиту 6 расщепителя фаз.

Генератор управления ДК-405 мощностью 4,5 кВт рассчитан на напряжение 50 В. Ток якоря равен 90 А. Генератор имеет параллельное возбуждение. Четыре щеткодержателя генератора крепят к поворотной траверсе 10. Агрегат имеет самовентиляцию. При вращении ротора расщепителя фаз алюминиевые лопасти создают поток воздуха, который засасывается через отверстия в подшипниковом щите и крышке генератора управления и затем, обтекая обмотку статора расщепителя, полюса 9 и якорь генератора, выбрасывается в боковые окна остова.

На электровозах, на которых вместо генератора управления применяется статический преобразователь для питания цепей управ-

ления и заряда аккумуляторной батареи (ВЛ80^Т, ВЛ80^Р), устанавливают расщепитель фаз НБ-455А, который отличается от расщепителя фаз НБ-455 более коротким валом.

§ 45. Двигатели постоянного тока

На электровозах ЧС4^Т в качестве вспомогательных машин применены двигатели постоянного тока напряжением 220 В, для привода компрессоров — двигатели 11А2135/4, вентиляторов охлаждения тяговых двигателей и выпрямительных установок — 3А2732/4, вентиляторов охлаждения масляных радиаторов трансформатора — SM4003L, вентиляторов охлаждения реакторов и резисторов ослабления возбуждения — 6А2135/4 и вентиляторов охлаждения тормозных резисторов — 2АИ2732/4. Все двигатели четырехполюсные последовательного возбуждения с дополнительными полюсами и с самовентиляцией. Вентиляторное колесо насаживают на вал двигателя на стороне, противоположной коллектору. Двигатель 6А2135/4 имеет вал с одним выступающим концом, остальные с двусторонними выступами. Основные технические данные двигателей сведены в табл. 6.

Для привода вспомогательного компрессора применен двигатель напряжением 50 В, мощностью 1,2 кВт.

Таблица 6

Показатель	Технические данные двигателя типа				
	11А2135/4	6А2135/4	3А2732/А	SM4003L	2АИ2732/4
Мощность, кВт	17,0	17,0	25,0	4,5	39,0
Ток, А	93	93	135	24,7	160
Частота вращения, об/мин	2800	2800	1800	2800	2140
Масса, кг	250	250	340	78	—

На электровозе ВЛ80^Т используется двигатель П11М для привода вспомогательного компрессора токоприемников. Двигатель имеет цилиндрическую стальную станину, алюминиевые подшипниковые щиты, последовательную и параллельную обмотки возбуждения, два главных и один дополнительный полюсы. Изоляция обмоток применена класса В. Подшипники с обеих сторон вала шариковые. Двигатель работает при напряжении 50 В, мощность его 0,5 кВт, ток 14,8 А, частота вращения 2800 об/мин, масса 18 кг. Двигатель ДМК-1 для привода главного контроллера ЭКГ-8 отличается тем, что имеет частоту вращения 1400 об/мин, масса его 42 кг.

§ 46. Компрессоры и вентиляторы

Компрессоры. На электровозах переменного тока установлены компрессоры для получения сжатого воздуха, используемого в пневматической системе тормозов, песочницах, в сигнальной аппаратуре и в системе управления.

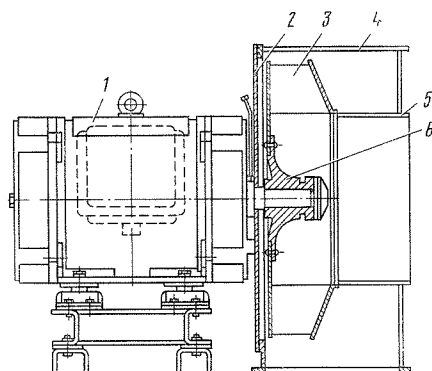


Рис. 140. Центробежный вентилятор

осуществляют центробежными вентиляторами. Центробежный вентилятор (рис. 140) состоит из колеса 3 с рабочими лопатками, втулки 6, крышки 2 и улиткообразного кожуха 4. Колесо насажено на выступающий конец вала приводного двигателя 1. Воздух засасывается через патрубок 5.

При вращении вентиляторного колеса частицы воздуха под действием центробежной силы направляются в улиткообразный кожух и через выходное отверстие вентилятора выходят в воздухо-

Основные технические данные компрессоров даны в табл. 7.

Компрессоры КТ-6Эл устанавливают на все восьмиосные электровозы, компрессоры Э-500 — на шестиосные, компрессоры К-2 — на пассажирские электровозы ЧС4^т. Компрессоры КБ-1В вспомогательные, используются для получения сжатого воздуха для подъема токоприемника при отсутствии воздуха в пневматической системе электровоза.

Вентиляторы. Принудительную вентиляцию для охлаждения оборудования электровоза

Таблица 7

Показатель	Технические данные компрессора типа			
	КТ-6Эл	Э-500	К-2	КБ-1В
Производительность, л/мин	2750	1750	2100	—
Рабочее давление, кПа	982	982	982	49
Частота вращения	440	220	635	450
Масса, кг	646	670	225	27,5

Таблица 8

Показатель	Технические данные вентиляторов для охлаждения			
	тяговых двигателей и выпрямительных установок	радиаторов трансформатора	резисторов ослабления возбуждения и реакторов	резисторов торможения
Подача, м ³ /мин	470	150	420	840
Противодавление, Па	2848	1474	1474	—
Частота вращения, об/мин	1800	2800	2800	2190
Диаметр рабочего колеса, мм	710	425	560	800

проводы. Взамен вышедших из вентилятора частиц воздуха поступают новые, так как внутри колеса и кожуха создается вакуум, вызывающий приток воздуха снаружи через всасывающее отверстие. Около этого отверстия создается определенное разрежение (т. е. давление ниже атмосферного), а у выходного отверстия вентилятора — избыточное давление воздуха. Избыточное давление необходимо для преодоления сопротивления движению воздуха и сообщения воздуху нужной скорости. У центробежных вентиляторов воздух засасывается в осевом направлении, а выходит по окружности колеса в радиальном направлении.

На грузовых электровозах установлены центробежные вентиляторы типа Ц8-19 № 6,5 и 7,6. Основные технические данные их следующие:

	№ 6,5	№ 7,6
Подача, м ³ /мин	200—450	150—350
Противодавление, Па ст.	2598—2352	3420—3430
Частота вращения, об/мин	1470	1470
Диаметр рабочего колеса, мм	650	760
Мощность, кВт	14—37	14,5—31,3

В табл. 8 приведены технические данные осевых вентиляторов, установленных на электровозах ЧС4^т.

Кожуха и патрубки центробежных вентиляторов изготовляют из стеклопласта; лопатки, крышки и другие детали — из листовой стали. Соединения металлических частей выполняют сваркой. Втулку к диску вентилятора присоединяют заклепками. Колесо вентилятора вместе с электродвигателем подвергается динамической балансировке.

АППАРАТЫ ЦЕПЕЙ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ И СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ

§ 47. Общие сведения

Отличительными особенностями условий работы на электровозах электрооборудования являются изменение в широких пределах температуры, вибрация, тряска и удары, связанные с движением электровоза, а также загрязненность воздуха. В этих условиях к электрооборудованию предъявляются высокие требования по надежности, что обусловлено стремлением исключить тяжелые последствия отказа электровоза, приводящего к остановке поезда на линии.

Электроаппаратура электровозов разнообразна. Аппараты имеют различное назначение (их используют для размыкания и замыкания цепей, защиты, сигнализации и др.). Однако всю аппаратуру можно условно разделить на четыре категории: аппараты цепей высшего напряжения и силовых, аппараты защиты, аппараты и блоки цепей управления, вспомогательное оборудование. Некоторые аппараты нельзя отнести к какой-то определенной категории: например, главный выключатель работает в цепях высшего напряжения и в то же время это аппарат защиты.

§ 48. Токосъемники

Напряжение от тяговой подстанции к электровозу подается по своеобразной двухпроводной линии электропередачи. Одним проводом являются рельсы, а другим — контактная сеть, точнее контактный провод. Электровоз имеет непрерывный электрический контакт с рельсами (через колеса). Поэтому в нормальных условиях потенциал корпуса электровоза, как и потенциал рельсов, равен потенциалу земли. Таким образом, для силовой цепи электровоза одним полюсом является контактный провод, а вторым — корпус. Переменный ток из контактного провода в цепи электровоза поступает через пантографный токоприемник (пантограф). При движении электровоза такой токоприемник скользит по контактному проводу, осуществляя токосъем.

Особенности работы скользящего контакта предъявляют к конструкции пантографного токоприемника определенные требования. Токосъемник должен быть легким, чтобы во время скольжения его полоза по контактному проводу, высота подвески которого изменяется, он успевал «следить» за ней — не отрывался от контактного провода при увеличении высоты подвески и не создавал сильных ударов по проводу при уменьшении высоты. Контактная поверхность полоза токоприемника должна быть гладкой, что уменьшает износ контактного провода и обеспечивает хороший контакт как во время движения, так и во время стоянки электровоза (на стоянке электро-

воз может потреблять значительный ток для цепей отопления поезда и цепей собственных нужд). Необходимо, чтобы пружинный механизм обеспечивал примерно одинаковое нажатие токоприемника на провод независимо от высоты контактного провода. Кроме того, токоприемник должен иметь высокую механическую прочность, надежную изоляцию от заземленных частей электровоза, малое трение в шарнирных соединениях подвижной системы и достаточную боковую устойчивость ее против колебаний и вибраций.

Токосъемники выполняют обтекаемым, так как при этом он имеет удовлетворительные аэродинамические характеристики, особенно ползоз. Это требование обусловлено тем, что при большой скорости движения электровоза нажатие токоприемника на контактный провод не должно изменяться в больших пределах и совершенно недопустим отрыв его от контактного провода. Кроме того, характеристика токоприемника должна быть такой, чтобы даже при очень сильном ветре не могло произойти его самопроизвольного подъема. Необходимо также, чтобы механизм подъема — опускания был прост и надежен в работе. Предусматривается возможность дистанционного управления подвижной системой при всех условиях работы.

На электровозах переменного тока при опускании токоприемника всегда возникает дуга между ползозом и контактным проводом. Даже при отключенном главном выключателе через поднятый токоприемник протекают небольшие емкостные токи. Роль конденсаторов (емкостей) здесь играют шины 25 кВ и помехоподавляющий дроссель, расположенный вблизи заземленной крыши электровоза.

Длительность горения дуги, возникающей при опускании токоприемника, по возможности должна быть минимальной. Поэтому необходимо, чтобы вначале опускание происходило быстро, а затем во избежание удара медленно. Все токоприемники электровозов имеют один и тот же принцип действия. Подвижная система связана с системой спиральных пружин, часть которых действует в направлении подъема, а другая — в направлении опускания токоприемника. Усилия опускающих пружин всегда превосходят усилия подъемных, и токоприемник при отсутствии внешних воздействий находится в опущенном положении. Для подъема его предусмотрено специальное устройство, приводимое в действие сжатым воздухом; управляют им из кабины машиниста.

Независимо от типа и конструктивных особенностей все токоприемники состоят из четырех основных узлов: основания, выполненного в виде рамы, укрепленной на опорных изоляторах; подвижной системы, состоящей из подвижных рам, шарнирно соединенных друг с другом и с основанием; контактной системы, представляющей собой совокупность кареток и одного или двух ползозов с контактными вставками; механизма подъема — опускания, состоящего из подъемных и опускающих пружин, системы рычагов и приводного воздушного цилиндра.

На ползозе токоприемника укреплены токосъемные угольные вставки (раньше были медные накладки). На зарубежных электровозах иногда применяют вставки и из других материалов: во Франции, например, — стальные, в Японии — металлокерамические. Медные накладки необходимо было систематически смазывать, так как только

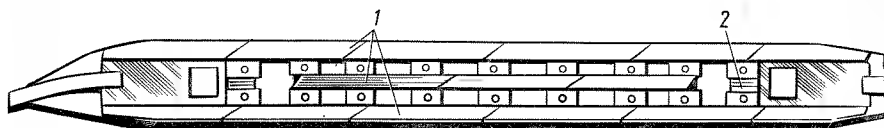


Рис. 141. Полос с угольными накладками:

1 — угольные вставки; 2 — полос

при обильной смазке они работали хорошо, не вызывая повышенного износа контактного провода. При недостаточной смазке (например, после сильного дождя) на трущихся поверхностях медной накладки и провода появлялись задиры, неровности, увеличивающие износ контактного провода и ухудшающие токосъем.

Угольные вставки (рис. 141) выгодно отличаются от медных. Они не требуют смазки. Благодаря слоистой структуре графита при скольжении вставки по проводу происходит самосмазывание. Все неровности контактного провода заполняются графитом, провод шлифуется. При угольных вставках износ контактного провода в несколько раз меньше, чем при медных. Поэтому угольные вставки получили практически повсеместное распространение на электровазгах переменного тока.

Рассмотрим особенности устройства и работы пантографных токоприемников. На электровазгах ВЛ60^к применяют токоприемники П-1В (полос с медными накладками) и П-1У (полос с угольными вставками). На каждой секции восьмиосного электровазга устанавливают токоприемник Л-13У1 с угольными вставками (рис. 142) или Л-14М1 с медными накладками. На электровазгах ЧС4 и ЧС4^т применяются токоприемники 2SLS-1 с угольными вставками.

Характеристики токоприемников следующие:

	П-1В (П-1У)	Л-13У1	2SLS-1
Номинальное напряжение, кВ	25	25	25
Длительный ток, А:			
при движении	1500(600)	500	400
на стоянке	270(50)	50	—
Высота в сложенном состоянии, мм	785	740	770
Наибольшая высота подъема, мм	2200	2100	1800
Рабочая высота наибольшая, мм	1900	1900	1600
То же наименьшая, мм	400	400	250
Нажатие на контактный провод в рабочем диапазоне высоты, Н:			
при подъеме не менее	—	58,8	63,7—88,2
при опускании не более	68,6—88,2	68,6—88,2	78,4—98,5
Время подъема до наибольшей рабочей высоты, с	4—7	4—7	—
Масса токоприемника (без изоляторов), кг	440	290	320

Устройство и работу токоприемников рассмотрим, пользуясь кинематической схемой токоприемника Л-13 (рис. 143). В шарнирах основания 1, укрепленного на опорных высоковольтных изоляторах, установлены два вала 2, которые могут поворачиваться в ограничен-

ных пределах вокруг своих осей. К каждому из двух валов жестко прикреплены нижние рамы 11, с которыми шарнирно связаны верхние рамы 12. Верхние рамы связаны одна с другой также шарнирно специальной кареткой 13, к которой прикреплен полз 14. Благодаря наличию синхронизирующей тяги 6, соединенной с рычагами 8, валы и вместе с ними нижние рамы 11 могут поворачиваться только одновременно и симметрично (либо сходиться, либо расходиться).

При повороте нижних рам навстречу одна другой, т. е. левого вала по часовой стрелке, а правого — против нее, токоприемник поднимается. При обратном движении валов он опускается. Растянутые пружины 7, воздействуя на рычаги 9, постоянно стремятся повернуть валы навстречу друг другу, т. е. поднять токоприемник. Сжатые опускающие пружины 4, вмонтированные в цилиндр привода 3, стремятся сблизить поршни. Последние постоянно создают вращающие моменты, приложенные через промежуточные валы 5 и тяги 10 к валам 2 и действующие в направлении опускания токоприемника. Таким образом, пружины 4 и 7 производят противоположные действия. Однако воздействие опускающих пружин всегда сильнее, и, когда нет сжатого воздуха в цилиндре, токоприемник опущен. При подаче сжатого воздуха в цилиндр поршни расходятся, сжимая опускающие пружины и тем самым давая возможность пружинам 7 произвести подъем токоприемника. Под действием пружины 7 валы 2 и вместе с ними нижние рамы поворачиваются навстречу. Они поднимают и разворачивают верхние рамы, что приводит к подъему по вертикали кареток с ползом. Чтобы опустить токоприемник, сжатый воздух выпускают из цилиндра в атмосферу. Опускающие пружины, возвращая поршни с тягами в исходное положение (преодолевая действие подъемных пружин), разворачивают валы в направлении опускания токоприемника.

Кинематические схемы приводов токоприемников П-1 и Л-13У хотя и различны, но имеют много общего, так как выполняют одни и те же функции в одинаковых условиях. Подъемные пружины — растянутые, а опускающие — сжатые. Так сделано для обеспечения безопасности обслуживания. При изломе растянутой пружины пан-

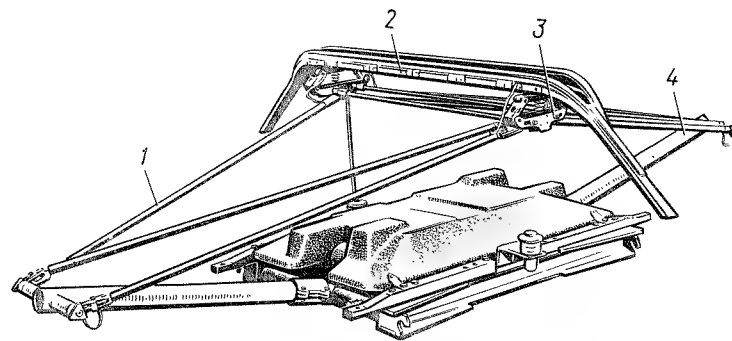


Рис. 142. Токоприемник Л-13У1:

1 — верхняя рама; 2 — полос; 3 — каретка; 4 — нижняя рама

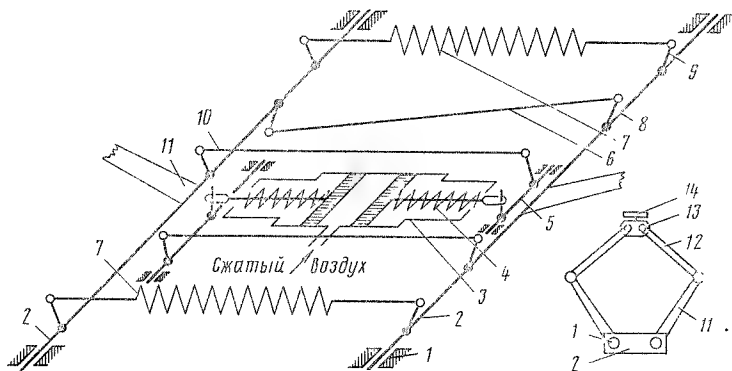


Рис. 143. Кинематическая схема токоприемника Л-13

тограф самопроизвольно подняться не может, т. е. не может подать напряжение на электрооборудование. Излом сжимающей пружины не влияет существенно на опускающее усилие. Таким образом, при любых повреждениях пружин токоприемник будет опущен, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и предотвращает появление опасных ситуаций, когда невозможно опустить токоприемник.

Кинематическая схема токоприемника 2SLS-1 (рис. 144) во многом похожа на рассмотренную выше. Однако здесь иначе действуют опускающие пружины, а пневматический привод изолирован от пантографа высоковольтным изолятором.

Две растянутые подъемные пружины 17, действуя на рычаги 18, стремятся повернуть валы 2 навстречу друг другу, т. е. поднять токоприемник. В то же время сжатая (опускающая) пружина 10 воздействует на поршень 8, передвигая его вправо, благодаря чему изолятор 12 через шток и рычаг 7 вращает правый вал 2 по часовой стрелке. Правый и левый валы 2 связаны симметрирующим устройством, состоящим из двух тяг (длина одной из них 13 регулируется гайкой 14) и рычага 15. Такое устройство обеспечивает только одновременный и симметричный поворот в основаниях 1 обоих валов 2 с нижними рамами 16. Поэтому действие опускающих пружин от правого вала передается через симметрирующее устройство на левый вал, но уже в направлении его поворота против часовой стрелки.

Для исключения возможности подъема неработающего токоприемника под действием встречного воздушного потока при высоких скоростях движения на приводе токоприемника установлено предохранительное устройство — замок. Оно состоит из пневматического цилиндра 4 с поршнем 3, пружины 5, рычага 6 и защелки 11, размещенной на штоке поршня 8. При отсутствии сжатого воздуха в приводе токоприемника защелка 11 под действием пружины 5 блокирует шток поршня 8, и токоприемник подняться не может. Для подъема токоприемника сжатый воздух впускают одновременно и в пневматический привод 9, и в цилиндр 4. Под действием сжатого воздуха поршень 3 поднимается вверх, сжимая пружину, поворачивает рычаг 6 против часовой стрелки и тем самым позволяет

перемещаться подвижной системе подъемного устройства. Под действием сжатого воздуха в цилиндре 9 поршень, сжимая пружину, движется влево, вместе с ним влево перемещаются шток, изолятор и кулиса. В результате этого подъемные пружины могут повернуть нижние рамы навстречу одна другой и, таким образом, поднять токоприемник. Чтобы опустить его, машинист с помощью дистанционного управления выпускает сжатый воздух из цилиндров, и в действие вступает опускающая пружина, которая преодолевает сопротивление подъемных пружин. При опускании поршня 3 рычаг 6 предотвращает возможность подъема токоприемника.

Рассмотрим конструктивные особенности токоприемников электровазов. Все детали — основание, валы, верхние и нижние рамы, а в токоприемнике Л-13 и цилиндр сжатого воздуха находятся под напряжением контактной сети. Поэтому токоприемники установлены на опорных изоляторах. Чтобы изолировать цилиндр сжатого воздуха от корпуса (крыши) электроваза, воздух к нему подводят через специальный изоляционный шланг.

Для уменьшения массы токоприемника его основание изготавливают из полых элементов прямоугольного сечения, а тяги и детали рам — из труб. Чтобы электрический ток не протекал через шарнирные соединения, и не вызывал их нагрева и разрушения, на каждом шарнирном соединении установлен обводной гибкий шунт.

Для защиты токоприемника от ударов и для обеспечения хорошего контакта с контактным проводом ползков крепят к верхним рамам с помощью специального упругого механизма — так называемых кареток; с каждой стороны токоприемника имеется по одной каретке. Устройство кареток весьма разнообразно. На отечественных электровазах переменного тока устанавливают каретки трапециевидной формы.

Основание 1 (рис. 145) каретки насажено на поперечные прутки 2, которые жестко связаны с верхними рамами. При подъеме и опускании токоприемника расстояние между прутками меняется. Поэтому в основании каретки сделаны горизонтальные прорези, в которых передвигаются прутки.

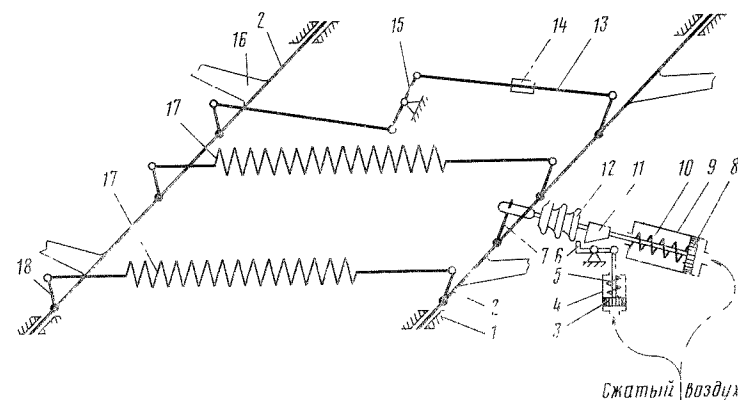


Рис. 144. Кинематическая схема токоприемника электроваза ЧС4¹

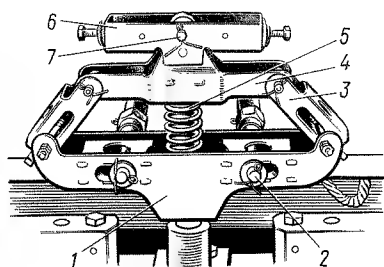


Рис. 145. Устройство трапецидальной каретки

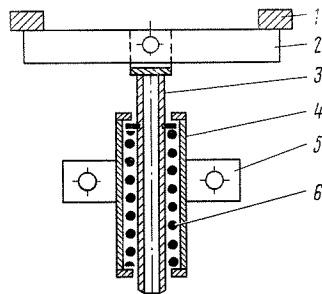


Рис. 146. Устройство каретки токоприемника 2SLS-1

С основанием шарнирно соединены две серьги 3, а с ними также шарнирно связана верхняя планка 4. Коромысло 6 шарнирно на оси 7 установлено на планке 4. К коромыслу болтами крепят полз токоприемника. Коромысло с ползом может поворачиваться в определенных пределах относительно планки 4. Основание 1, серьги 3 и планка 4 образуют трапецию. Между основанием 1 и верхней планкой 4 вставлена сжатая пружина 5, которая всегда стремится растянуть трапецию, придав ей симметричную форму. Прорези в серьгах 3 позволяют изменять форму трапеции. Верхняя планка с ползом может перемещаться вниз, вправо, влево, параллельно самой себе и может также поворачиваться относительно основания.

Каретка токоприемника 2SLS-1 устроена по-другому. Полз 2 (рис. 146) с угловыми вставками 1 шарнирно укреплен на направляющей трубке 3. Пружину 6, помещенной в цилиндр 4, трубка 3 отжимается вверх. Таким образом, полз оказывается поддрессоренным пружиной. Каретку с помощью держателя 5 и болтов крепят к верхним рамам токоприемника.

Благодаря такой конструкции каретки при резких изменениях высоты контактного провода удары полза смягчаются упругим механизмом. При плавном изменении высоты контактного провода упругий механизм крепления полза практически не действует, а высота подъема токоприемника изменяется в результате изменения положения рам.

Длина полза выбрана с учетом зигзагообразной подвески контактного провода, что обеспечивает равномерность износа контактных вставок. Концы полза загнуты вниз с тем, чтобы контактный провод не мог попасть под полз.

Неравномерность движения токоприемника при опускании (быстрый отрыв и медленное опускание) достигается неравномерным выпуском сжатого воздуха из цилиндра. Для управления токоприемником на электровозах устанавливают специальный клапан: на электровозах отечественного производства первых выпусков установлен клапан пантографа КП-17-09, а на электровозах поздних выпусков — клапан КП-41. Для подъема токоприемника возбуждают вентили клапанов, в результате чего открывается доступ сжатому воздуху в цилиндр управления токоприемником. От площади сечения калибровочного клапана зависит скорость подъема токоприемника.

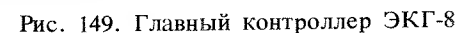
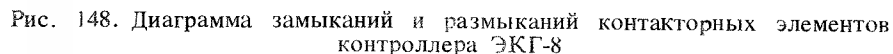
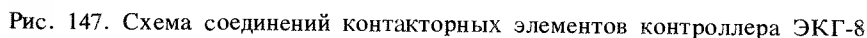
Чтобы опустить токоприемник, снимают напряжение (50 В) с вентиля, и клапан пантографа отсоединяет цилиндр от резервуара сжатого воздуха и соединяет его с атмосферой. Вначале, когда давление сжатого воздуха в цилиндре еще достаточно велико, открывается дополнительный выход для воздуха из цилиндра. Благодаря этому давление быстро падает, и полз отрывается от контактного провода с достаточно большой скоростью. Затем при уменьшении давления в цилиндре дополнительное выходное отверстие в клапане пантографа закрывается и оставшийся сжатый воздух продолжает выходить уже через небольшой канал, сечение которого подобрано так, что токоприемник опускается медленно, без ударов.

§ 49. Переключатели ступеней

Переход от одной ступени регулирования напряжения к другой (см. § 25) представляет собой короткий цикл однотипных операций отключения и включения с одинаковой последовательностью. Это позволяет систему переключения ступеней регулирования, а также схему управления на электровозах переменного тока сделать достаточно простыми и переключающую аппаратуру и оборудование (контакторные элементы, коммутаторы, переходные резисторы, переходный реактор и др.) расположить на электровозе в одном месте, иногда даже в одном агрегате, называемом переключателем ступеней, который для удобства монтажа размещают вблизи тягового трансформатора. Переключатели ступеней предназначены для переключения силовых цепей с целью регулирования напряжения на тяговых двигателях. В зависимости от используемого способа регулирования различают переключатели ступеней для регулирования напряжения на вторичной стороне трансформатора и на первичной.

Переключатели ступеней для регулирования на вторичной стороне трансформатора. На электровозах ВЛ80^к, ВЛ80^к, ВЛ60^к все переключения цепей питания выпрямителей тяговых двигателей производит один аппарат — переключатель ступеней, выполненный в виде группового контроллера ЭКГ-8 (электровозный контроллер главный). Он представляет собой набор кулачковых контакторных элементов (кулачковых контакторов), производящих переключения. Каждый из них имеет свою кулачковую шайбу, профилем которой определяется включенное или отключенное состояние контакторного элемента на заданных позициях контроллера. Кулачковые шайбы насажены на три вала взаимно связанных соответствующими механическими передачами, благодаря чему все операции замыкания и размыкания контакторов происходят в строго определенной последовательности. С основными кулачковыми валами зубчатыми передачами связаны кулачковые валы блокировочных контакторных элементов (блок-контактов), замыкающихся и размыкающихся на заданных ступенях регулирования.

При наборе позиций кулачковые валы вращаются в одну сторону и контакторы включаются и отключаются в определенной последовательности. В процессе сброса позиций кулачковые валы вращаются в другую сторону и контакторы включаются и отключаются в обрат-



ной последовательности. Необходимую очередность работы контакторных элементов обеспечивают, подбирая для каждого элемента соответствующий профиль кулачковой шайбы. Кулачковые валы имеют двигательный привод, которым управляет машинист с помощью контроллера машиниста, расположенного в кабине.

Одной из главных особенностей контроллера ЭКГ-8 является наличие в нем контакторных элементов двух типов: с дугогашением и без дугогашения. Замыкание и размыкание силовых цепей под нагрузкой осуществляют четыре контакторных элемента с дугогашением — А, Б, В и Г (рис. 147), а переключения в обесточенных цепях — 30 контакторных элементов без дугогашения (9—40, исключая 34, 38).

Переход с одной ступени на другую состоит из четырех операций, выполняемых последовательно одна за другой после кратковременных пауз: отключение контакторного элемента с дугогашением, отключение одного контакторного элемента без дугогашения, включение другого контакторного элемента без дугогашения и включение контакторного элемента с дугогашением, который отключился первым. Например, при переходе с 25-й на 26-ю позицию (рис. 148) сначала размыкается контакторный элемент *Б*, а затем элемент 23, далее замыкается элемент 24 и после этого контакторный элемент *Б*. Отличие 26-й позиции от 25-й заключается только в том, что на 26-й включен контакторный элемент 24, а на 25-й — 23. Оба контакторных элемента 23 и 24 (без дугогашения) производят операции в обесточенных цепях, для чего предварительно контакторный элемент *Б* кратковременно, только на время перехода, размыкает эти цепи. Все контакторные элементы с дугогашением *А*, *Б*, *В* и *Г* на всех позициях замкнуты и лишь кратковременно на время для переключения в «своих» цепях контакторами без дугогашения поочередно размыкаются.

Отметим некоторые конструктивные особенности переключателя ступеней.

В контроллере ЭКГ-8 (рис. 149) на четырех продольных рейках 7 (изоляция рассчитана на полное рабочее напряжение), закрепленных в станине 6, установлено 34 контактных элемента: четыре с дугогашением 2 и 30 без дугогашения 1. В числе их 12 контактных элементов переключателя обмоток. Последние расположены в противоположной стороне от привода. Для эффективного гашения дуги, возникающей на контактах при разрыве цепи с током, через

электропневматические вентили 3 подводится сжатый воздух к контакторным элементам с дугогашением.

Приводной двигатель 4 со специальным редуктором расположен справа вблизи контакторных элементов с дугогашением. Двигатель через редуктор приводит во вращение три кулачковых вала: один, с которым связаны контакторные элементы переключателя ступеней без дугогашения, и второй, полый, на который насажены кулачковые шайбы контакторных элементов с дугогашением. Третий кулачковый вал—вал контакторных элементов переключения обмоток (встречное или согласное соединение)—расположен с противоположной стороны от приводного двигателя и приводится во вращение через зубчатую передачу от первого кулачкового вала.

Внизу, справа от приводного двигателя, расположены блок-контакты 5 контроллера. Их иногда называют блокировочными контакторными элементами, или кулачковыми контакторами цепей управления. Рассмотрим особенности контакторных элементов, их устройство и работу.

Все контакторные элементы контроллера ЭКГ—кулачкового типа. Это значит, что кулачковая шайба, поворачиваясь, либо отжимает рычаг с подвижным контактом—тогда контактор выключается, либо дает возможность пружине прижать рычаг с подвижным контактом к неподвижному—тогда контактор включается. Основное назначение *контактора с дугогашением*—размыкать цепь под током, поэтому у него имеются устройства, обеспечивающие быстрое гашение возникающей на его контактах электрической дуги, что предотвращает интенсивный износ и повреждение контактов. Работу контакторного элемента рассмотрим, пользуясь рис. 150. Основной подвижной частью контактора является фигурный рычаг 6, смонтированный на оси 01, вокруг которой он может поворачиваться. В верхней части фигурного рычага жестко укреплен контакт 16 и на оси 02 рычаг 10 с подвижным контактом 12. В нижней изогнутой части фигурного рычага посажен свободно вращающийся ролик 4. Пружина 1 постоянно стремится повернуть рычаг вокруг оси 01 по часовой стрелке, а пружина 9—рычаг 10 вокруг оси 02 также по часовой стрелке. Таким образом, обе пружины создают усилия, действующие в направлении замыкания подвижных контактов с неподвижными. Однако, в каком положении находятся контакты—замкнуты они или разомкнуты, зависит от того, на каком участке профиля кулачковой шайбы 5 находится ролик 4. Если при повороте профиля кулачковой шайбы ролик оказывается во впадине профиля кулачковой шайбы (это положение показано на рис. 150, а), то под действием пружин контакты замыкаются. Если ролик находится на выступе кулачковой шайбы, то контакты разомкнуты.

Проследим, как происходит отключение контактора с дугогашением. Когда под ролик подходит выступ кулачковой шайбы, рычаг 6 начинает поворачиваться против часовой стрелки. Сначала, при небольшом повороте рычага, размыкаются нижние контакты 16, а верхние благодаря тому, что одновременно повернулся рычаг 10 на оси 02, остаются замкнутыми. В результате дальнейшего накатывания ролика на кулачковую шайбу и поворота рычага 6 против часовой стрелки рычаг 10 упирается в верхний конец 11 рычага 6, и тогда начинается размыкание верхних контактов.

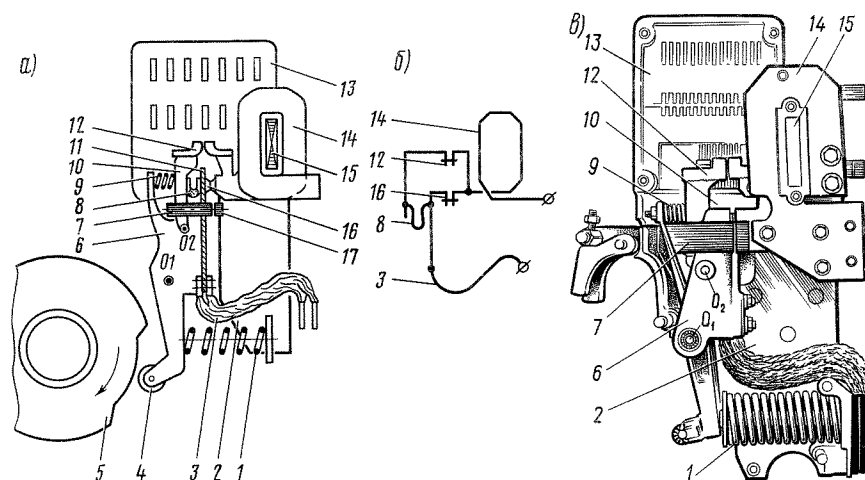


Рис. 150. Устройство контакторного элемента с дугогашением (а), его электрическая схема (б) и общий вид (в)

В процессе включения контакторного элемента все операции происходят в обратном порядке. Когда к ролику подходит впадина кулачковой шайбы, рычаг 6 вместе с рычагом 10 поворачивается по часовой стрелке. В результате замыкаются сначала верхние контакты, а затем нижние.

В процессе отключения контакторного элемента сначала размыкаются токонесущие контакты, и дуга между ними практически не образуется, так как в это время существует обходная электрическая цепь через разрывные контакты. Затем размыкаются разрывные контакты, и между ними образуется дуга. Эти контакты размещают в дугогасительной камере, которая находится между магнитными полюсами. Дугогасительная камера ограничивает область распространения дуги, предупреждая переброс ее на соседние контакторы контроллера. В камере осуществляется разрыв и гашение дуги.

Таким образом, и размыкание цепи под нагрузкой, и замыкание ее осуществляют верхние контакты (рис. 150, б). Чтобы в какой-то мере уменьшить повреждение контактов, их изготовляют из тугоплавкого материала, который может выдерживать высокие температуры, возникающие при горении электрической дуги. В качестве такого материала применяют металлокерамическую композицию МВ-70 (медь—27%, никель—3,5% и вольфрам—69,5%). Но такие контакты, имея сравнительно большое сопротивление, не могут длительно пропускать большой ток, так как они сильно перегреваются.

Поэтому предусмотрены нижние токонесущие, или, как их иногда называют, главные контакты, через которые протекает почти весь ток контакторного элемента. Изготовлены они из материала с малым переходным сопротивлением—металлокерамической композиции СОК-15 (серебро—85%, окись кадмия—15%). Когда контакторный элемент включен, обе пары контактов замкнуты и для тока суще-

ствуют две цепи: через верхние разрывные и через нижние токонесущие контакты. Однако сопротивление разрывных контактов значительно больше, чем токонесущих. Поэтому основная часть тока протекает через нижние контакты и лишь очень небольшая часть — через верхние.

Детали каждого контакторного элемента с дугогашением сконпированы между двумя изоляционными боковинами 2 (см. рис. 150, а и в), которые являются несущими элементами конструкции. Боковины крепят к двум продольным изолированным рейкам с помощью полухомута и прижима, что позволяет просто и быстро снимать контакторный элемент с контроллера.

Разрывные контакты находятся в зоне магнитного поля, создаваемого в магнитопроводе 15 витками 14. Направление магнитного потока обеспечивает выталкивание образующейся между контактами дуги вверх в дугогасительную камеру 13. Этому помогает и струя сжатого воздуха, подаваемого снизу вверх. В дугогасительной камере помещена деионная решетка, которая делит дугу на ряд последовательных дуг и тем самым ускоряет гашение. Чтобы предотвратить разрушение шарнирных соединений при протекании больших токов, шарнир рычага 10 с фигурным рычагом 6 шунтирован гибким проводом 8. Гибким проводом 3 подводится ток к подвижному рычагу 6.

В определенных условиях сразу после замыкания разрывных контактов может происходить отскок подвижного контакта. Это резко увеличивает износ контактов и снижает надежность работы переключателя. Отскок контактов может происходить также и под действием электродинамических сил, возникающих при больших токах в аварийных режимах. Чтобы предотвратить это, в контакторные элементы встраивают электромагнитный компенсатор, состоящий из якоря 17 и ярма 7 (рис. 151 и 150). Якорь жестко укреплен на неподвижной части 2 (см. рис. 150) контактора, а ярмо, имеющее форму подковы, — на рычаге 10 дугогасительного контакта. При протекании тока через контактный рычаг в ярме и якоре образуется магнитный поток, благодаря которому они взаимно притягиваются. Сила притяжения тем больше, чем больше магнитный поток и, соответственно, чем больше ток. Следовательно, при прохождении через контакторный элемент больших токов компенсатор создает дополнительную силу, которая прижимает подвижной контакт. Это устраняет возможность отскока контактов.

Контакторный элемент без дугогашения предназначен для замыкания и размыкания обесточенных электрических цепей. Поэтому в отличие от контакторного элемента с дугогашением он не имеет разрывных контактов и дугогасительной системы. Контакты его так же, как и токонесущие контакты элемента с дугогашением, снабжают напайками из композиции СОК-15, имеющими малое переходное сопротивление.

Детали контакторного элемента без дугогашения, как и элемента с дугогашением, собраны на боковине 2 (рис. 152). Пружина 1 отжимает рычаг 3 в направлении поворота его вокруг оси 4 по часовой стрелке, что приводит к замыканию подвижного контакта 6 с неподвижным. Компенсатор 5 играет такую же роль, как и в контакторе с дугогашением. Крепление всех контакторных элемен-

тов унифицировано. Винтом хомут 7 прижимается к верхней рейке контроллера, обхватывая ее. Нижняя часть контактора опирается на нижнюю рейку контроллера и снизу крепится хомут (на рисунке он не показан).

Блокировочные контакторные элементы (блок-контакты) осуществляют замыкания и размыкания в цепях управления на заданных позициях контроллера под током при напряжении 50 В. Поскольку при такой небольшой мощности возникающая дуга (точнее, искрение) быстро гаснет, то на блок-контактах нет необходимости предусматривать устройства для гашения дуги. Конструкция этих элементов несложна. На изолированном основании 1 (рис. 153) жестко укреплен неподвижный контакт 6, на оси 3 — рычаг 4 с держателем 5 подвижного контакта. Рычаг состоит из двух частей, что обеспечивает притирание контактов при их замыкании. Сжатая пружина 7 стремится повернуть рычаг против часовой стрелки, т. е. замкнуть контакты. Однако будут контакты замкнуты или разомкнуты, зависит от того, в каком положении находится кулачковая шайба. Если под роликом 2 находится впадина кулачковой шайбы, контакты будут замкнуты, если — выступ, то разомкнуты.

Кулачковые шайбы прессуют из пластмассы АГ-4, получая готовый профиль, не требующий дополнительной обработки. На внутреннем отверстии шайбы контакторных элементов без дугогашения сделано десять шпоночных пазов, благодаря чему шайба может быть поставлена на кулачковый вал в одно из десяти положений.

Рассмотрим особенности конструкции привода главного контроллера. Кулачковые валы контакторных элементов и одновременно кулачковые валы блок-контактов приводят к вращению электродвигателем

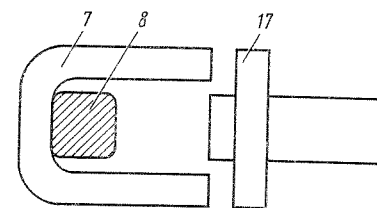


Рис. 151. Устройство электромагнитного контактора

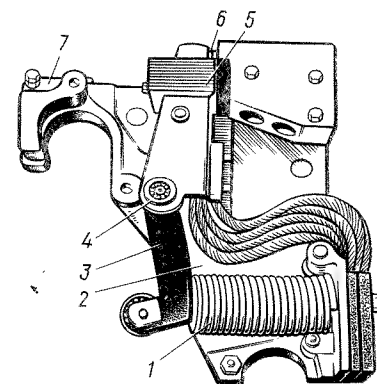


Рис. 152. Контакторный элемент без дугогашения

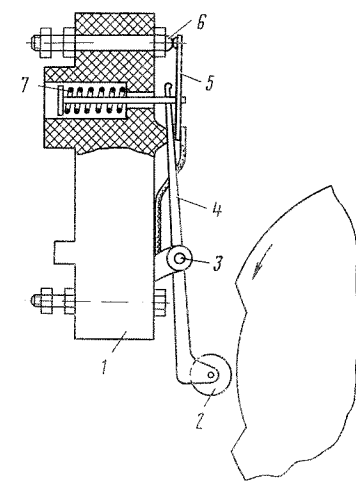
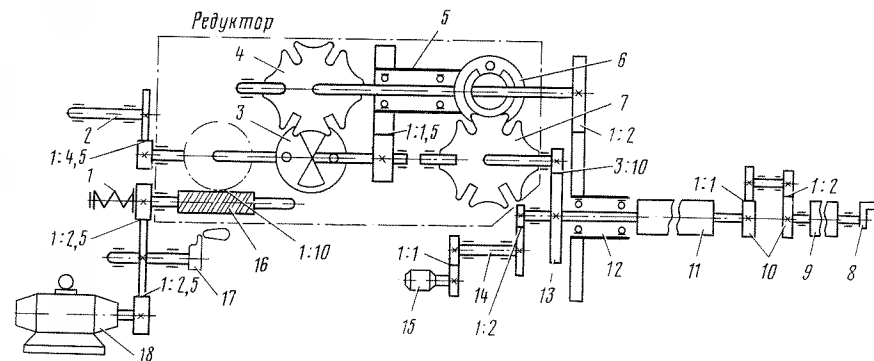


Рис. 153. Устройство блокировочного контакторного элемента

Рис. 154. Устройство передачи с мальтийским крестом

Рассмотрим кинематическую схему привода (рис. 155). От двигателя 18 вращение через шестерню ручного привода с рукояткой 17 и предельную муфту 1 передается червяку 16, а затем валу червячного колеса, который вращается равномерно, но со скоростью, в 10 раз

меньшей, чем двигатель. От вала червячного колеса движение передается кулачковым валам 12 (дугогасящие контакторы), 11 (контакты без дугогашения переключателя и ступеней) и 9 (контакты без дугогашения переключателя обмоток). Цевка поводка 3, поворачиваясь, входит в паз креста 4, поворачивает его и через зубчатую передачу с передаточным отношением $i=1:2$ приводит во вращение вал 12. Одновременно от вала червячного колеса через зубчатую передачу с $i=1:1,5$ вращение передается валу 5, на который насажен одноцевочный поводок 6. Далее через мальтийский крест 7, зубчатую передачу с $i=3:10$ вращение передается кулачковому валу 11 и от него через зубчатую передачу 10 валу 9. Концевой упор 8



позволяет вращаться валу 9 в пределах 342° , что соответствует возможности вращения вала 11 в пределах $342^\circ \times 2 = 684^\circ$ (зубчатая передача с $i=1:2$).

Во время третьего этапа замыкается тот контактор с дугогашением, который вначале разомкнулся.

Для того чтобы в зимнее время масло в редукторе не застывало и не создавало большого сопротивления, редуктор снабжен электрическим нагревателем мощностью 130 Вт, напряжением 50 В.

Групповой контроллер имеет многочисленные блок-контакты, объединенные в две различные группы. Первая состоит из 14 блок-контактов и приводится в действие валом, связанным с валом червячного колеса привода. Вторая состоит из 17 блок-контактов и приводится в действие кулачковым валом, связанным с кулачковым валом силовых контакторных элементов без дугогашения. Диаграммы замыканий и размыканий блок-контактов контроллера на различных электровазах различны.

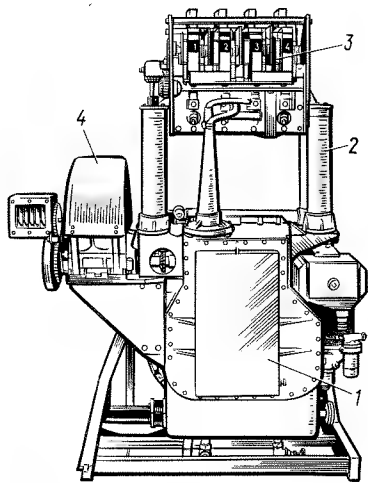


Рис. 156. Переключатель ступеней электровоза ЧС4:

1—кожух избирателя; 2—изолятор; 3—контакты; 4—двигатель

изоляция переключателя рассчитана на полное напряжение контактной сети 25—29 кВ, а токоведущие части—на сравнительно небольшой ток 300—400 А. Напряжение секции (напряжение между соседними отпайками автотрансформаторной обмотки) составляет около 1000 В, поэтому дугогасительная система контакторов сильно развита и рассчитана на надежное гашение дуги при высоком напряжении.

Переключатель ступеней (рис. 156) состоит из двух основных агрегатов: избирателя ступеней и блока из четырех контакторов с дугогашением. Кроме того, к переключателю относится вспомогательное оборудование—переходные резисторы, блокировочные устройства, система очистки масла и др. Работа переключателя рассмотрена в § 26, отметим здесь его основные конструктивные особенности.

Избиратель ступеней предназначен для замыкания и размыкания обесточенных цепей переключателя ступеней, т. е. назначение его то же, что и контакторных элементов без дугогашения в контроллере ЭКГ-8. Точнее, избиратель ступеней (рис. 157) подключает обесточенную цепь контакторов к отпайкам автотрансформаторной обмотки. Все отпаики с помощью специальных проходных изоляторов 8, установленных на разделительной доске 10, через штепсельные контакты 6, защищенные изоляционными втулками 7, выведены на доску избирателя 11. На этой доске выводы отпаяк в виде контактных пластин 5 размещены по двум concentрическим окружностям. Контакты одной окружности соединены с четными отпайками, а другой—с нечетными.

По контактам одной окружности перекачивается контактный ролик 4, ведомый поводком 3, а по контактам другой окружности—

Главный контроллер ЭКГ-8 имеет 33 фиксированные позиции, набор которых осуществляется (при напряжении 50 В) меньше чем за 0,5 мин. Контактные элементы изолированы относительно корпуса на напряжение 3100 В, рассчитаны на ток 1300 А и на напряжение 260 (с дугогашением) и 1100 В (без дугогашения); они имеют раствор контактов 20—26 (разрывные контакты) и 22—30 мм (главные контакты). Блокировочные контакты рассчитаны на ток 30 А и напряжение 50 В.

Переключатели ступеней для регулирования на первичной стороне трансформатора. На электровозе ЧС4, где осуществляется регулирование напряжения на первичной стороне трансформатора, используется высоковольтный переключатель ступеней ТППЛ. Силовые токоведущие части переключателя работают под напряжением контактной сети, поэтому

второй ролик, ведомый своим поводком. Контактные ролики перемещаются поочередно: во время перехода на четные позиции—один, во время перехода на нечетные—другой. Это обеспечивается приводом 1. Поводки являются токонесущими элементами цепи. Ток от них подводится к контакторам через специальные кольцевые контактные устройства с неподвижным кольцом 2 и коническими контактами 9.

Избиратель погружен в масло. Корпус его представляет собой алюминиевую отливку, которую крепят к баку трансформатора через резиновые уплотнители. В случае подгара контактов в масле могут появиться нежелательные примеси, что приведет к ухудшению его изоляционных качеств. Поэтому к корпусу избирателя через один из двух нижних вентилях подключено специальное фильтрующее устройство, обеспечивающее грубую и тонкую очистку масла.

Блок из четырех контакторов (рис. 158) смонтирован над трансформатором. Он опирается на четыре гетинаксовых изолятора цилиндрической формы, рассчитанных на полное напряжение контактной сети. Все четыре контактора являются кулачковыми симметричными—имеют по два подвижных контакта 1. Контакты укреплены на двух рычагах 11, которые под действием двух пружин 8 постоянно отжаты, вследствие чего контакты замкнуты, т. е. контактор включен. Между рычагами проходит кулачковый вал 9 с четырьмя кулачковыми шайбами. Когда под ролики 4 рычагов контактора при повороте кулачкового вала подходят выступы кулачковых шайб, рычаги расходятся, контакты размыкаются, контактор отключается. Для гашения дуги, возникающей на контактах при их размыкании, смонтирована дугогасительная система, состоящая из

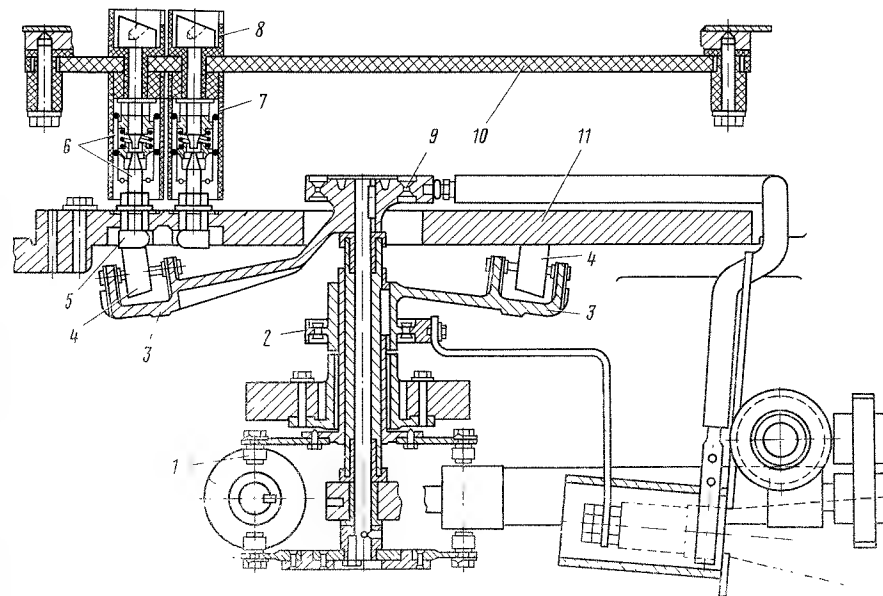


Рис. 157. Избиратель переключателя ступеней электровоза ЧС4

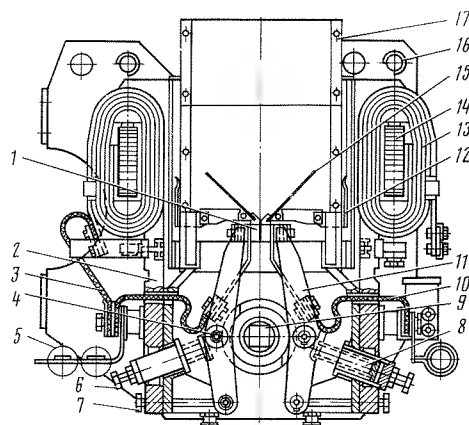


Рис. 158. Контактор переключателя ступеней:

1—контакты; 2—несущая доска; 3—провод; 4—ролик; 5—резисторы (защитные); 6—регулирующий винт; 7—держатель; 8—пружина; 9—кулачковый вал; 10—провод; 11—рычаг; 12—фиксирующая пружина; 13—катушка электромагнита; 14—сердечник электромагнита; 15—дугогасительные рога; 16—распорные трубки; 17—дугогасительная камера

камеры 17 и электромагнита, под действием магнитного потока которого дуга направляется вверх по расходящимся дугогасительным рогам 15.

Подвижную систему контакторов регулируют так, чтобы раствор контактов составлял 17 ± 2 мм, контактное нажатие $39,2 \pm 10\%$. При этом предусмотрен резерв 4 мм для возможного износа контактов. Кулачковый вал—общий для четырех контакторов. Как поводки избирателя, так и кулачковый вал контакторов имеют один общий привод с жесткой механической связью. Поэтому все операции избирателя и действия четырех контакторов протекают в определенной последовательности, обеспечивающей оптимальный режим переключений и исключающей возможность возникновения аварийных ситуаций.

В движение систему привода переключателя приводит четырехцилиндровый пневматический двигатель. В его цилиндры с помощью электропневматических вентилей в определенном порядке подается сжатый воздух, перемещающий в них поршни, связанные с общим коленчатым валом, что приводит последний во вращение. Через валы и зубчатые передачи движение передается на кулачковый вал контакторов и на привод избирателя. Привод, как и мальтийский крест в приводе переключателя ступеней ЭКГ-8, обеспечивает необходимое кратковременное перемещение поводков избирателя при равномерном вращении двигателя привода. Пневматический двигатель и избиратель оборудованы подогревателями на случай работы электровоза при сильных морозах.

Переходные резисторы размещены над трансформатором вблизи блока контакторов. Каждый из них представляет собой спираль, намотанную на керамический элемент. Поскольку резисторы лишь кратковременно включаются на напряжение, они рассчитаны на рассеивание небольшой энергии и имеют небольшие габариты. Из вспомогательных устройств переключатель имеет сельсин-датчик, предназначенный для сигнализации о положении избирателя, хрупкую мембрану—предохранительный элемент от чрезмерного повышения давления внутри избирателя, предотвращающий разрушение изоляционных плит, корпуса и др.

Поскольку переключатель устанавливается на первичной стороне трансформатора, его номинальное напряжение 25 кВ, а изоляция рассчитана на 80 кВ. Номинальный ток переключателя 280 А, часовой 300 А и ударный 2,8 кА. Переключатель имеет 32 регулировочные ступени, набор которых в автоматическом режиме занимает не более 40 с. Блок-контакты рассчитаны на ток 6 А, а номинальное напряжение их 48 В.

§ 50. Реверсоры и тормозные переключатели

Направление движения электровоза изменяют, меняя направление вращения тяговых двигателей, для чего необходимо изменить направление тока в обмотках главных полюсов двигателей. Для перехода от тягового режима к режиму электрического торможения также необходимо выполнить переключения в цепях тяговых двигателей. И те, и другие переключения производят в обесточенных цепях тяговых двигателей специальными кулачковыми переключателями. Аппараты, предназначенные для выполнения переключений в цепях обмоток двигателей с целью изменения направления движения, называются *реверсорами*.

При движении электровоза вперед замкнуты контакты *Вп* реверсора (рис. 159) и ток через обмотку возбуждения *ОВ* двигателя протекает вправо так, как показано сплошной стрелкой. Если электровоз движется назад, замкнуты контакты *Наз* и ток протекает через обмотку в обратном направлении (штриховая стрелка). В цепи каждого двигателя две пары контактов реверсора; в каждой из них один замыкающий и один размыкающий с общей средней точкой. Это определяет конструкцию переключателя: средний контакт общий, он замыкается либо с одним, либо с другим неподвижным контактом.

Один реверсор производит переключения в цепи обмоток возбуждения всех тяговых двигателей, расположенных на одной тележке электровоза: двух двигателей на восьмиосных и трех—на шестиосных электровозах.

Отметим характерные конструктивные особенности двухпозиционного переключателя ПДК-142, который применяется на электровозах ВЛ80^Г в качестве реверсора. Устройство переключателя несложно. На рейках 7 (рис. 160) каркаса, состоящего из боковин 1, стянутых шпильками 9, укреплены четыре кулачковых элемента 10. Кулачковый вал 4 и электропневматический привод—два вентиля 8, цилиндр 2 и рычаг 3—смонтированы на боковинах 1. Переключатель имеет две фиксированные позиции. В одной из них замкнуты верхние контакты, а нижние 12 и 13 разомкнуты; в другой, наоборот, верхние разомкнуты, а нижние замкнуты. Включение и отключение контакторных элементов производятся фигурными

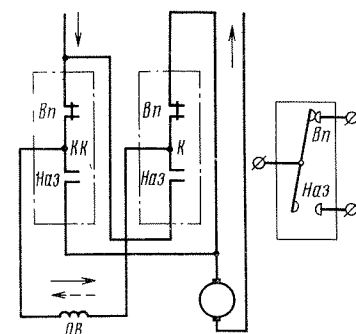


Рис. 159. Схема реверсора

кулачковыми шайбами 11, сидящими на валу 4. Кулачковый элемент переключателя представляет собой отдельно собранный блок. Дугогасящих устройств на нем нет, поскольку операции переключения производятся при обесточенных цепях. Каждый контакторный элемент имеет две пары размыкаемых стыковых контактов 12 и 13 и скользящий (неразмыкаемый) контакт. Необходимое контактное нажатие достигается пружинами.

В верхней части переключателя установлен комплект блокировочных контактов 5. Переключение их производится кулачковыми шайбами, насаженными на специальный вал, который связан с главным кулачковым валом через зубчатую передачу 6.

Привод переключателя ПКД-142 — электропневматический. В цилиндр корпуса 1 (рис. 161) помещен поршень 2. Перемещение поршня передается через тягу 3 рычагу 4, размещенному на кулачковом валу 5. Если возбужден один вентиль 6, например правый, то поршень перемещается в противоположную (левую) сторону и тягой поворачивает рычаг с кулачковым валом по часовой стрелке, устанавливая его в одно из фиксированных положений. При возбуждении другого вентиля поршень перемещается вправо, поворачивая вал в другое фиксированное положение.

Блок-контакты представляют собой малогабаритные кулачковые контакторы закрытого исполнения (рис. 162). В корпусе 3 сжатая пружина 7 постоянно отжимает шток 6 в положение, при котором контакты 9, соединенные с контактными зажимами 8, замыкаются подвижным пружинящим контактом 4. Благодаря тому что подвижной контакт выполнен в виде коромысла, замыкание контактов происходит с притиранием; это уменьшает переходное сопротивление и износ контактов. Если под ролик 1, сидящий на оси 2, подходит впадина кулачковой шайбы, то под действием пружины контакты замыкаются. Если же под ролик подходит выступ кулачковой шайбы, то он вместе с осью 5, штоком 6 и подвижным контактом 4, преодолевая усилие пружины, перемещается вверх.

При этом контакты размыкаются.

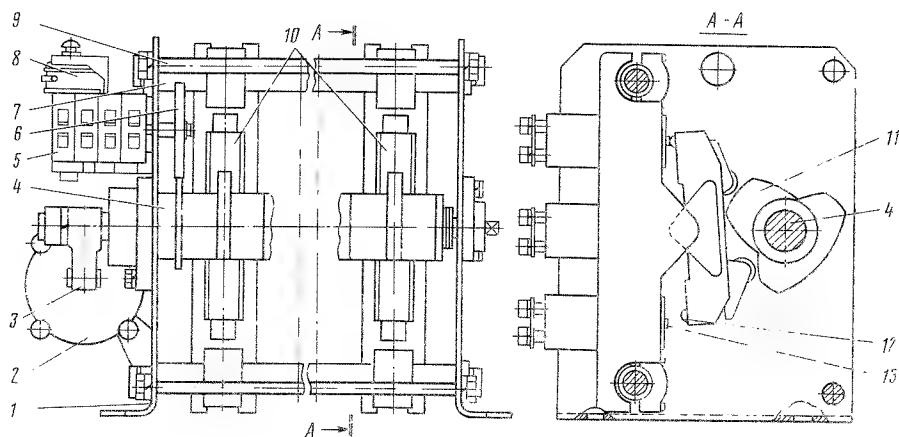


Рис. 160. Переключатель кулачковый двухпозиционный ПКД-142

В тяговом режиме электровоза ВЛ80^г обмотки возбуждения двигателей соединены последовательно с якорями. В тормозном режиме двигатели, работающие в генераторном режиме, имеют независимое возбуждение. Их обмотки возбуждения соединяют последовательно и подключают к независимому источнику питания. Для переключения обмоток возбуждения двигателя во время перевода электровоза из тягового режима в тормозной и обратно служит тормозной переключатель, в качестве которого используют кулачковый двухпозиционный переключатель того же типа (ПКД-142). Кулачковый контакторный элемент переключателя ПКД-142 рассчитан на напряжение 3000 В, длительный ток 850 А и ток короткого замыкания 15 кА в течение 0,1 с. Блок-контакты переключателя допускают длительный ток 15 А, способны отключать ток до 6 А при напряжении 50 В.

На электровозах ВЛ60^к и ВЛ80^к установлены реверсоры типа РК-8А и РК-80А соответственно. По принципу действия, по устройству они мало отличаются от переключателя ПКД-142. Имеются лишь конструктивные отличия и небольшие различия в технических данных.

Рассмотрим устройство реверсоров и отключателей тяговых двигателей, применяемых на электровозах ЧС4. Для переключения обмоток двигателей применен реверсор — ножевой переключатель (рис. 163), а для отключения тяговых двигателей — ножевой отключатель (рис. 164). И тот, и другой имеют два фиксированных положения: первый — положения Вп и Нз (движение вперед и назад); второй — Х (ход) и О (отключено). На основании 2 укреплены неподвижные упругие контакты 1. Нож 3, поворачиваясь в ограниченных пре-

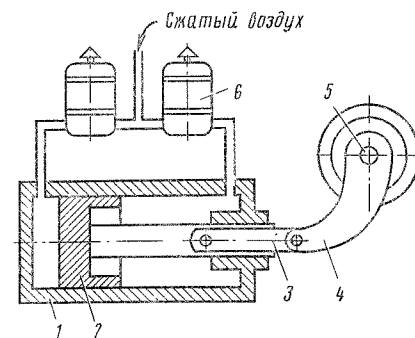


Рис. 161. Устройство привода переключателя ПКД-142

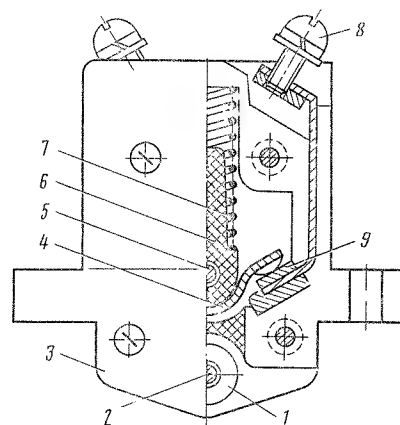


Рис. 162. Кулачковый блокировочный контакт

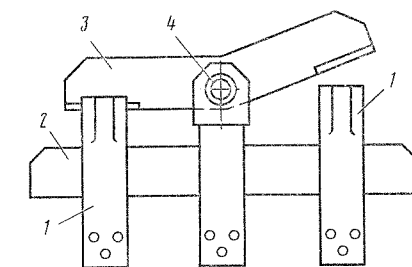


Рис. 163. Переключатель реверсора электровозов ЧС4:

1 — неподвижный контакт; 2 — основание; 3 — нож; 4 — вал

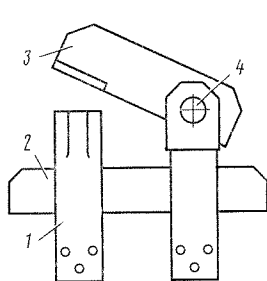


Рис. 164

Рис. 164. Отключатель двигателя электровозов ЧС4:

1 — неподвижный контакт; 2 — основание; 3 — нож; 4 — вал

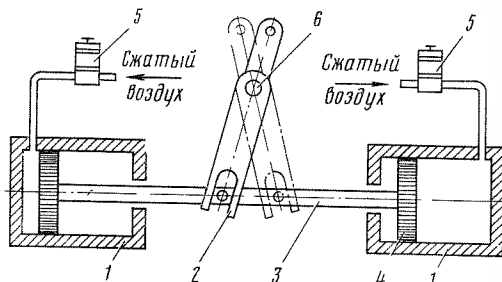


Рис. 165

Рис. 165. Устройство привода переключателей электровозов ЧС4

делах, может, образно говоря, либо врубаться в неподвижный контакт, замыкая соответствующую цепь двигателя, либо находиться в отключенном положении. Нож жестко закреплен на валу 4.

Выступающие концы вала рычагами и тягами соединены с электропневматическим приводом.

Реверсор каждого двигателя, как и отключатель, состоит из двух ножевых переключателей, т. е. является двухполюсным. Приводные валы переключателей соединены изоляционными муфтами. Реверсоры и отключатели трех тяговых двигателей одной тележки смонтированы в одном блоке.

Каждый блок имеет два одинаковых электропневматических привода: один для реверсоров, другой для отключателей или тормозных переключателей (на электровозе ЧС4^т). Привод обеспечивает одновременный перевод всех соответствующих переключателей в одно из двух фиксированных положений. Реверсоры можно переводить вручную с помощью четырехгранного ключа. На валах переключателей режимов работы имеются рукоятки, позволяющие вручную отключать любой двигатель.

Как реверсоры, так и отключатели двигателей имеют электропневматический привод. Два пневматических цилиндра 1 (рис. 165) расположены на одной общей оси. В каждом цилиндре помещен поршень 4.

Поршни соединены общим штоком 3. Со штоком связана кулиса 2, жестко укрепленная на приводном валу 6. Сжатый воздух через соответствующий электропневматический вентиль 5 подают в один из цилиндров. Поршни со штоком перемещаются в одно из двух фиксированных положений, поворачивают кулису и вал.

Рычаги и тяги производят переключение соответствующих переключателей.

Номинальное напряжение силовых контактов переключателя составляет 1200 В, длительно допустимый ток 1250 А, контактное нажатие 39,2 Н; номинальное напряжение блокировочных контактов равно 48 В, номинальный ток 6 А; номинальное давление сжатого воздуха 343 кПа.

§ 51. Контакторы

Контактор — это силовой коммутирующий аппарат, который предназначен для оперативного включения и отключения электрических цепей под нагрузкой и имеет дистанционное управление. На электровозах переменного тока контакторы нашли применение во вспомогательных цепях, и в меньшей мере в цепях тяговых двигателей, а также в цепях управления.

Привод контакторов бывает двух типов: электромагнитный и электропневматический. Соответственно типу привода и контакторы подразделяют на электромагнитные и электропневматические. Электромагнитные контакторы проще. Их используют главным образом во вспомогательных цепях с напряжением 380 В и в цепях управления с напряжением 50 В. Электропневматические контакторы сложнее, но зато привод, работающий под действием сжатого воздуха, обеспечивает лучшее нажатие их контактов. Благодаря этому такие контакторы способны работать в цепях с большими токами и большими напряжениями.

Электромагнитные контакторы. На электровозах переменного тока такие контакторы используют для включения асинхронных двигателей вспомогательных машин, печей обогрева кабин, двигателя переключателя ступеней и др. В зависимости от назначения и мощности цепи, в которой устанавливают контакторы, выбирают соответствующий их тип (по числу полюсов, току и напряжению). Чем больше номинальный ток контактора, тем больше площадь сечения его токоведущих частей. Чем выше номинальное напряжение, тем выше должна быть электрическая прочность токоведущих частей контактора и больше растрор контактов. Наконец, чем больше номинальный ток и напряжение, тем больше должна быть развита дугогасительная система контактора.

Для включения трехфазных двигателей вспомогательных машин используют двухполюсные электромагнитные контакторы (третья фаза каждого двигателя постоянно соединена с выводом вспомогательной обмотки тягового трансформатора), а в остальных цепях контакторы однополюсные. Чаще применяют контакторы с замыкающими силовыми контактами, реже — с размыкающими.

На электровозах ВЛ60, ВЛ60^к и первых электровозах ВЛ80^к (до № 110) для включения вспомогательных машин и других вспомогательных цепей использовали электромагнитные контакторы общего назначения. Однако такие контакторы, как и другие электрические аппараты общего назначения, изготовленные без учета специфических условий — тряски, усиленной запыленности, изменения температуры внутри кузова от -50 до +60°С, работают недостаточно надежно. Поэтому на электровозах ВЛ80^к с № 111 и ВЛ80^т устанавливают электромагнитные контакторы МК (табл. 9), изготовленные специально для электроподвижного состава, или, как говорят, имеющие тяговое исполнение. Контакторы МК рассчитаны на номинальное напряжение 50 В постоянного тока и 380 В переменного.

Процесс включения контактора представляет собой перемещение подвижного контакта в сторону замыкания с неподвижным. Реже встречаются конструкции, в которых оба контакта — подвижные и перемещаются навстречу друг другу. Все детали (рычаги, тяги и др.),

которые перемещаются, составляют подвижную часть контактора. Подвижная часть перемещается во включенное положение под действием электромагнитных сил (отсюда и название контактора — электромагнитный), а в отключенное — под действием пружин. Для включения контактора необходимо подать напряжение (обычно 50 В постоянного тока) на катушку электромагнита. Контактор остается включенным все время, пока подается напряжение на его катушку. При снятии напряжения (например, в случае отключения соответствующей кнопки или размыкания контактов реле защиты) подвижная система контактора под действием отключающей пружины возвращается в исходное положение, т. е. контактор отключается.

Электромагнитные контакторы МК по конструкции подвижной системы можно разделить на две группы: к первой относятся контакторы с мостиковой (прямоходовой) контактной системой (типов МК-63 — МК-73), ко второй — контакторы с поворотной контактной системой (типов МК-84 — МК-97).

В контакторах с мостиковой системой контактов (рис. 166) при подаче напряжения на включающую катушку 1 (она же является и удерживающей) якорь 3, притягиваясь к сердечнику, поворачивается против часовой стрелки и сообщает поступательное движение вверх траверсе 6 с мостиковыми контактами 4. Каждый подвижной контакт (мостик) замыкает два неподвижных. Подвижные контакты, как и неподвижные, изолированы друг от друга. Изоляция рассчитана на полное рабочее напряжение. Контактное нажатие создает пружина каждого мостика (на рис. 166 пружины не показаны). Блок-контакты 2 переключаются кронштейном, укрепленным на якоре 3. Отключается контактор при снятии напряжения с катушки под воздействием отключающей пружины 5. Пружина отжимает вниз коромысло 7, которое траверсу с подвижными контактами перемещает вниз и поворачивает якорь 3 по часовой стрелке.

Мостиковые контакты при отключении контактора разрывают цепь в двух местах. Это облегчает гашение дуги, возникающей на

контактах при размыкании. Поэтому оказалось возможным в контакторах МК-63 — МК-70 не предусматривать электромагнитное гашение. В дугогасительных камерах этих контакторов дуга лишь деионизируется, что ускоряет ее погасание и ограничивает область распространения.

К контактору МК-69, предназначенному для включения и отключения серводвигателя переключателя ступеней ЭКГ-8, предъявляют повышенные требования по скорости срабатывания при снятии напряжения с катушки контактора. Поэтому у него отключающая пружина усилена и, кроме того, параллельно катушке подключен конденсатор.

Рассмотрим конструктивные особенности контакторов с мостиковой контактной системой на примере контактора МК-63. Все узлы контактора смонтированы на магнитопроводе 6 (рис. 167). Изоляция токоведущих частей выполнена с запасом на напряжение 600 В. Контактные напайки контактов 4 для большей проводимости и повышения их надежности сделаны из композиции с примесью серебра. Мостиковые блок-контакты, помещенные в корпусе 7, также имеют напайки с примесью серебра.

Переключение контактов при включении контактора производится траверсой 1, на которую воздействует приводной рычаг 3 якоря 2. При выключении контактора подвижная система возвращается в исходное положение под воздействием отключающей пружины 5.

Контактор имеет две пары замыкающих силовых контактов, т. е. он может замыкать и при отключении размыкать одновременно две независимые цепи. Напряжение подводится к зажимам, расположенным с задней стороны контактора. Зажимы цепи катушки расположены на самой катушке. Контактор достаточно прост, но его, как и все контакторы с мостиковыми контактами, из-за отсутствия дугогасительных устройств

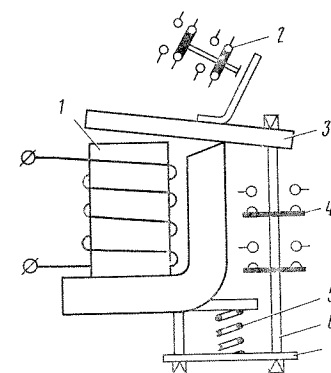


Рис. 166. Устройство электромагнитного контактора с прямоходовой контактной системой

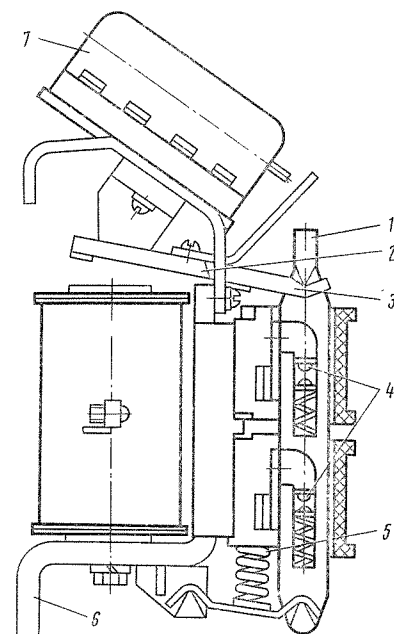


Рис. 167. Контактор электромагнитный МК-63

Таблица 9

Тип контактора	Номинальный ток, А	Число силовых контактов		Число блок-контактов		Масса, кг
		замыкающих	размыкающих	замыкающих	размыкающих	
МК-63	50	2	—	2	2	6,3
МК-64	50	1	1	2	2	6,5
МК-66	50	1	1	—	—	6,3
МК-68	50	2	—	—	—	6,3
МК-69	50	1	—	—	—	5,5
МК-73	50	1	—	3	—	6,1
МК-84	150	2	—	2	2	13,4
МК-86	150	2	—	2	—	13,4
МК-87	150	2	—	—	—	12,3
МК-96	150	1	—	2	—	10,4
МК-116	10	—	2	—	2	6,5
КП-21/33	5	3	3	—	—	3,6

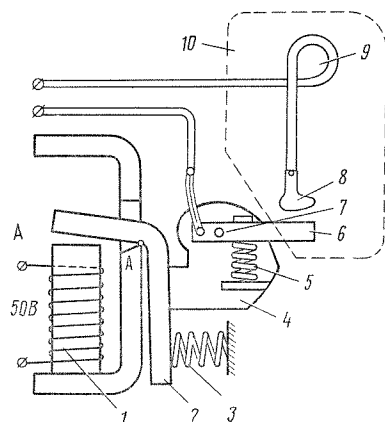


Рис. 168. Устройство электромагнитного контактора с поворотной системой контактов

можно применять лишь в цепях со сравнительно небольшой мощностью. Электромагнитные контакторы, рассчитанные на работу в цепях с большей мощностью — с токами 50—150 А, выполнены с поворотной системой контактов и электромагнитной системой дугогашения (рис. 168).

При подаче напряжения на катушку 1 якорь 2 притягивается к сердечнику и, преодолевая усилие отключающей пружины 3, поворачивается против часовой стрелки на призматической опоре около точки А. Когда кронштейн 4 поворачивается вместе с подвижным контактом 6, последний замыкается с неподвижным контактом 5. Предусмотрено замыкание контактов с притиранием. Для этого подвижной контакт посажен на ось 7, на которой он может поворачиваться в ограниченных пределах. Сжатая пружина 5 постоянно действует на контакт, стремясь замкнуть его с неподвижным контактом. Во время включения контактора подвижной контакт после соприкосновения с неподвижным, поворачиваясь вокруг оси 7, проскальзывает по поверхности неподвижного контакта. Проскальзывание сопровождается некоторым увеличением силы нажатия. Контактное нажатие во включенном положении контактора определяется усилием сжатой пружины 5.

Размыкание контактов при отключении контактора сопровождается также проскальзыванием подвижного контакта по поверхности неподвижного.

Электромагнитная система дугогашения 9, состоящая из токопроводящих витков, сердечника и магнитных полюсов (на рисунке они не показаны), выталкивает дугу, образующуюся между расходящимися контактами. Дуга удлиняется и гаснет в камере 10.

Электромагнитный двухполюсный контактор МК-87 (рис. 169) с поворотной системой контактов имеет моноблочную компоновку. Контакты, рассчитанные на ток 50—150 А, изготовлены из кадмиевой меди. Изоляция токоведущих частей выполнена на напряжение 600 В.

На электровозах ЧС4 и ЧС4^т электромагнитные контакторы используются во вспомогательных

цепях. Устройство контакторов такое же, как и рассмотренных выше. При подаче напряжения на катушку контактор включается, а при снятии отключается. Используются контакторы как с поворотной системой контактов (контакторы типов 39SM1, 41SM1), так и прямоходовой (типов V03c-009, 1SMAD). Конструктивно они отличаются от контакторов МК.

Токи и напряжения контакторов электровозов ЧС4 и ЧС4^т следующие:

Тип контактора	V03c-009	39SM1, 41SM1	1SMAD
Номинальный ток, А	15 и 25	150, 200	60 и 25
Номинальное напряжение, В	500	220	400

Блок-контакты контакторов рассчитаны на ток 6 А, номинальное напряжение катушки контактора 48 В.

Электропневматические контакторы. В электрических цепях с большой мощностью, где токи достигают несколько сотен ампер, требуется обеспечить значительное нажатие силовых контактов, а в цепях с напряжением, достигающим несколько киловольт, необходим значительный раствор контактов (разрыв между разомкнутыми контактами), чтобы исключить возможность пробоя при отключенном контакторе. Контактторы с электромагнитным приводом, не удовлетворяют этим требованиям. Поэтому приходится применять более сложные и громоздкие электропневматические контакторы. На электровозах переменного тока электропневматические контакторы установлены в цепях ослабления возбуждения тяговых двигателей, в цепи подачи питания в электромагистраль пассажирского поезда (напряжение 3 кВ), в цепях реостатного торможения (электровоз ЧС4^т). Устройство контакторов различных типов примерно одинаково. Механизм включения контактора приводится в действие сжатый воздух. Управление подачей сжатого воздуха в привод контактора осуществляется дистанционно — через электромагнитный вентиль.

В качестве примера рассмотрим устройство и работу контактора ПК-96. При подаче напряжения 50 В постоянного тока на катушку 9 (рис. 170) электропневматического вентиля 10 открывается доступ сжатому воздуху в пневматический цилиндр 8. Воздух перемещает поршень вверх, преодолевая усилие отключающей пружины 7, и, действуя на тягу, поднимает рычаг 6, на котором укреплены подвижные контакты: разрывной 5

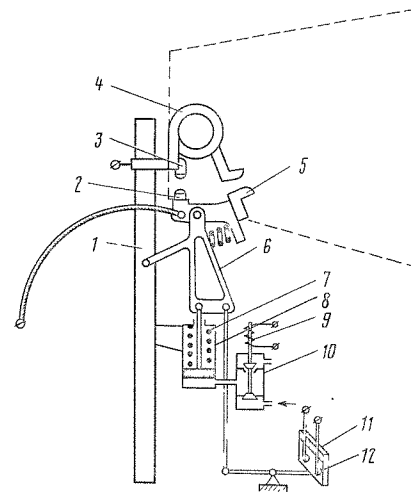


Рис. 170. Устройство электропневматических контакторов

Рис. 169. Контактор электромагнитный МК-87:

1 — блок-контакты; 2 — подвижной контакт; 3 — неподвижный контакт; 4 — дугогасительная камера; 5 — якорь; 6 — включающая катушка; 7 — пружина; 8 — основание

и главный 2. Первыми замыкаются разрывные контакты. Затем при дальнейшем движении рычага 6 вверх замыкаются главные токонесящие контакты 2 и 3. Назначение контактов такое же, как в контакторном элементе группового переключателя ЭКГ-8: разрывные контакты включаются первыми, а размыкаются вторыми—после главных. Они замыкают и размыкают цепь под нагрузкой. Главные контакты, шунтирующие разрывные, обеспечивают минимальное переходное сопротивление контактора. В процессе включения контактора рычаг 6, перемещаемый вверх тягой и рычагом, передвигает планку 11 вниз. Верхняя ее часть (показана на рис. 170 заштрихованной) замыкает блок-контакты 12. Контактор остается включенным, пока цилиндр соединен с резервуаром сжатого воздуха, т. е. пока подано напряжение на катушку вентиля 9.

При снятии напряжения с катушки тот же вентиль отсоединяет цилиндр от источника сжатого воздуха и соединяет его с атмосферой. Поршень под действием пружины и веса подвижных частей контактора опускается, размыкая сначала главные, а затем разрывные контакты. Дуга, образующаяся между контактами, выдувается магнитным потоком, образуемым дугогасительной катушкой 4, в однощелевую камеру с деионной решеткой, в которой она удлиняется, дробится на ряд мелких дуг и гаснет. Все детали контактора смонтированы на основании 1.

Главные контакты контактора ПК-96 выполнены из металлокерамики СОК-15—по ним длительно может проходить силовой ток. Разрывные контакты имеют напайки из металлокерамики МВ-70, которые лучше выдерживают горение дуги.

В цепях ослабления возбуждения используется часть контакторов без дугогашения, так как разрываемые ими цепи работают с невысоким пульсирующим переменным напряжением и дуга гаснет достаточно быстро без дугогасительных камер. В контакторах ПК-14—ПК-19 и ПК-339, рассчитанных на меньшие токи, предусмотрена одна пара силовых контактов, которые работают и как разрывные, и как токонесящие.

Электропневматические контакторы различаются способом подачи воздуха к приводу. У некоторых контакторов нет вентиля управления, и они получают воздух от вентиля соседних контакторов, с которыми должны работать синхронно.

У контакторов ПК-96 нажатие разрывных контактов создается контактной пружиной, главных—сжатым воздухом. У контакторов, не имеющих разрывных контактов, начальное нажатие осуществляет контактная пружина, конечное—сжатый воздух, так как после выбора провала контактов кронштейн, несущий подвижной контакт, опускается на упор рычага и жестко передает усилие от привода к контактам.

Изоляция токоведущих частей контакторов от корпуса выполнена на напряжение 3000 В. На такое же напряжение рассчитаны контакты контакторов ПК-14—ПК-19 и ПК-339; номинальный ток этих контакторов соответственно 350 и 500 А. Контакты контакторов ПК-96—ПК-101 имеют номинальное напряжение 1500 В и номинальный ток 1300 А. Блок-контакты и катушки электромагнитных вентилях рассчитаны на напряжение 50 В; ток блок-контактов 5 А. Номинальное давление сжатого воздуха 490 кПа.

На пассажирских электровозах ЧС4 и ЧС4^т электропневматические контакторы используются в цепях ослабления возбуждения тяговых двигателей (типы 3SB1, 3SB3, 4SB3), в цепи подачи питания в электромагистраль пассажирского поезда (тип 7SP1), для переключений в цепях реостатного торможения (типы 2SVAD1 и 3SVAD1). Контакторы 2SVAD1 и 3SVAD1 выпускают с двойной системой контактов—главными и разрывными, а остальные—с одной парой контактов. Технические данные контакторов следующие:

Тип контактора	3SB1, 3SB3, 3SB4	7SP1	2SVAD1, 3SVAD1
Номинальный ток, А	700	400	1250
Номинальное напряжение, В	10	3000	1500
Раствор контактов, мм	22	24	11

Номинальное напряжение блок-контактов и цепи управления контактов равно 48 В, номинальный ток блок-контактов 6 А.

§ 52. Разъединители и переключатели

Назначение. Все устройства электровоза, в том числе и электрические схемы, выполнены так, что при отказе какого-либо элемента, узла электровоз не теряет способности вести поезд. На нем можно обеспечить резервный вариант режима работы, чаще всего это сопровождается снижением его мощности. Например, при повреждении тягового двигателя его отключают, и электровоз может вести поезд на оставшихся двигателях. Аналогичное положение и с преобразовательной установкой. Все такие переключения производятся переключателями, отключателями в обесточенных цепях при неподвижном электровозе и чаще всего с опущенным токоприемником. Переключатели применяют и в других случаях. Например, чтобы передвинуть электровоз внутри депо, можно использовать тяговые двигатели. Для этого их нужно отсоединить от цепей преобразователя и подключить к низковольтным розеткам, через которые подается питание от сети депо. Эти переключения производят с помощью соответствующего переключателя.

Двигатели вспомогательных машин получают питание от трехфазной системы напряжения на электровоз, но они могут получать его и от такой же системы депо. Переключают питание двигателей вспомогательных машин перекидным трехполюсным переключателем. Для подключения вспомогательных цепей одной (неисправной) секции к другой также установлен разъединитель.

Характерные особенности переключателей и разъединителей. Поскольку переключения производят только в обесточенных цепях, дугогасительных устройств у переключателей и разъединителей нет. Привод у них может быть либо ручной, либо дистанционный, чаще всего электропневматический, так как для перемещения подвижных частей высоковольтных разъединителей, рассчитанных на большой ток, требуются значительные усилия. Чем выше номинальное напряжение, тем больше расстояние между разомкнутыми контактами и тем больше должна быть электрическая прочность

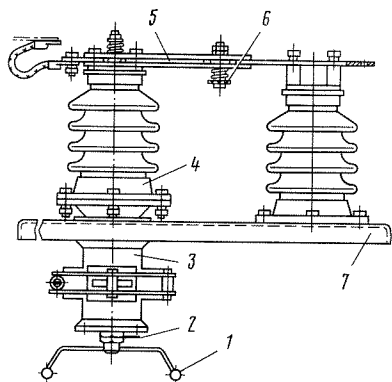


Рис. 171. Разъединитель токоприемника РВН-2

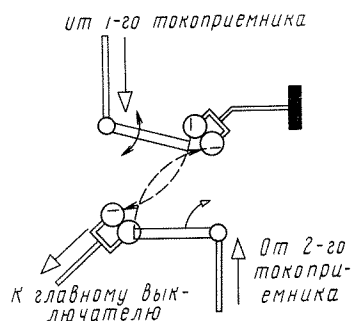


Рис. 172. Схема блока разъединителей токоприемников электровозов ЧС4

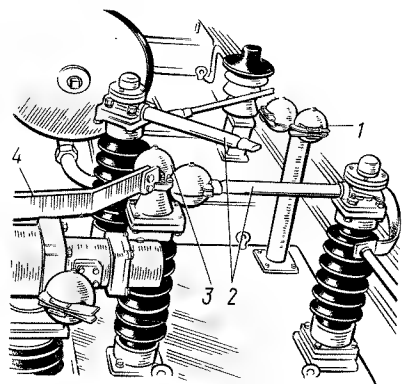


Рис. 173. Блок разъединителей токоприемников электровозов ЧС4

токоведущих частей от корпуса. Чем больше номинальный ток, тем больше площадь сечения токоведущих частей, площадь соприкасающихся контактных поверхностей и выше контактное нажатие. Последнее необходимо для обеспечения наименьшего переходного сопротивления.

Если контактное нажатие почему-либо уменьшится (например, из-за ослабления пружины), то увеличится переходное сопротивление и пропорционально ему возрастут потери энергии в контакте. Контакт станет сильнее нагреваться, в отдельных точках может произойти выплавление меди, что еще больше увеличит переходное сопротивление. При ослабленном нажатии контакты будут, как говорят, выгорать, на них образуются следы копоти и нагрева (цвета побежалости). Чаще всего контакты силовых отключателей, рубильников выполняют в виде пинцетов, в которые врубаются ножи.

Параметры (ток и напряжение), а также конструкция того или иного переключателя определяются его назначением и местом в силовых цепях электровоза.

Разъединители токоприемников. В случае повреждения токоприемника, например при поломке с замыканием на корпус электровоза, его необходимо отсоединить от силовой цепи. Для этого на крыше электровоза устанавливают по одному разъединителю на каждый токоприемник. На отечественных электровозах переменного тока применяют разъединитель РВН-2 (рис. 171) с ручным приводом, рукоятка которого находится в кузове электровоза.

Устройство разъединителя несложно. На стальной плите 7 закреплены два опорных изолятора 4, на которых смонтированы контактные ножи. Подвижной нож 5 вместе с опорным изолятором жестко закреплен на валу ручного привода 3. Ручной привод имеет два фиксированных положения — *Включено* и *Выключено*.

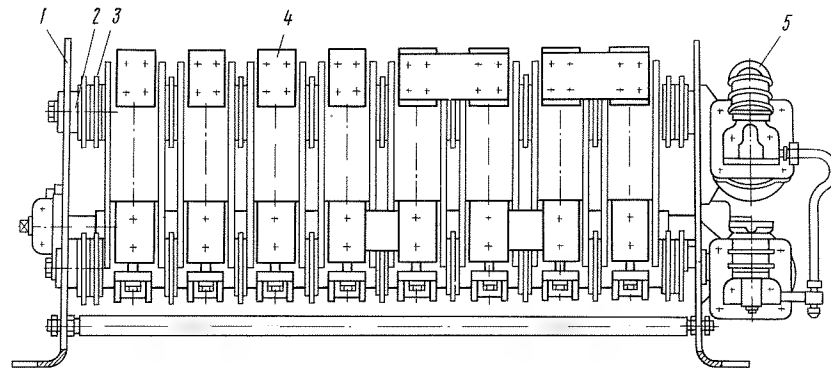


Рис. 174. Переключатель ПВ-78

Отключение и включение разъединителя производят рукояткой 1. О том, в каком положении находится разъединитель, можно судить, находясь в кузове электровоза, по положению специального указателя 2. Нож в определенном положении фиксируется устройством с западающим роликом. Пружиной 6 поддерживается постоянное нажатие контактов разъединителя.

Разъединитель РВН-2 рассчитан на номинальное напряжение 25 кВ и ток 300 А. Его масса 90 кг.

На электровозах ЧС4^г в цепи между токоприемниками и главным выключателем также установлены разъединители, предназначенные для отключения того или другого токоприемника. Одновременно с отключением происходит замыкание отсоединенного токоприемника на корпус (рис. 172). Разъединители выполнены так же, как разъединители РВН-2, имеют поворотные ножи рубящего типа. Привод ручной. Ножи 2 (рис. 173) могут занимать два положения: в одном они подсоединяют токоприемники контактами 3 к шине 4, идущей к главному выключателю, в другом — контактами 1 к корпусу электровоза.

Разъединители рассчитаны на номинальное напряжение 25 кВ и номинальный ток 400 А.

Переключатель ПВ-78. Этот переключатель предназначен для отключения неисправной выпрямительной установки электровозов ВЛ60^к с одновременным соединением группы трех тяговых двигателей последовательно с группой двигателей, расположенных на другой тележке. Он представляет собой групповой кулачковый переключатель с пневматическим приводом 5 (рис. 174). Переключатель имеет восемь контактных элементов без дугогашения 4 (они производят переключения в обесточенных цепях), укрепленных на изолированных рейках 2 сборного каркаса 1. Каждый контактор изолирован от каркаса и соседних контакторов изоляторами 3. Переключатель имеет два фиксированных положения — *Нормальный режим* и *Аварийный режим*. В первом из них включены шесть контакторов, а два отключены, во втором, наоборот, шесть отключены, а два включены.

Три крайних контактора предназначены для отключения выпрямительной установки, остальные пять — для переключения двух

групп тяговых двигателей на последовательное соединение. Переключения контакторов производят кулачковые шайбы, расположенные на общем валу. Вал поворачивается из одного положения в другое под действием пневматического привода, состоящего из двух цилиндров с поршнями внутри и двух электропневматических вентилях, открывающих доступ сжатому воздуху либо в один, либо в другой цилиндр. После возбуждения одного из вентилях воздух поступает в соответствующий цилиндр; поршень со штоком, перемещаясь, поворачивает кулачковый вал в фиксированное положение. Чтобы перевести переключатель в другое положение, следует подать напряжение на другой вентиль. После возбуждения этого вентилях воздух поступит в другой цилиндр, что приведет к повороту кулачкового вала и соответственно к переключению контакторных элементов в другое фиксированное положение.

Переключатель ПВ-78 рассчитан на ток трех тяговых двигателей (его номинальный ток 1500 А) и на напряжение вторичной обмотки трансформатора (номинальное напряжение 2500 В). Номинальное давление сжатого воздуха 490 кПа. Блок-контакты выполнены на напряжение 50 В и ток 35 А.

Разъединители ножевого типа. Эти разъединители имеют ручной привод. Две токопроводящие пластины 2 и 6 (рис. 175) закреплены на изолирующем основании 1. На одной из них шарнирно на оси 3 установлен подвижной контакт—нож 4, который при повороте замыкается с неподвижным контактом 6. Рукоятка 5 предназначена для ручного включения и отключения. Разъединители различных назначений имеют один, два или три изолированных ножевых элемента. Токопроводящие пластины 2 и 6 являются одновременно зажимами для подсоединения к электрическим цепям электровоза.

Рассмотрим конструктивные особенности на примере двух разъединителей.

Подвижным контактом разъединителей тяговых двигателей РТД-20—21 является нож 5 (рис. 176), состоящий из двух контактных пластин, а неподвижным—клиновидный контакт 4. Пластиноччатая пружина 3 обеспечивает необходимое контактное нажатие контактов.

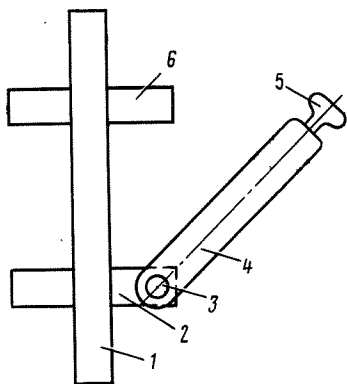


Рис. 175. Устройство ножевого разъединителя

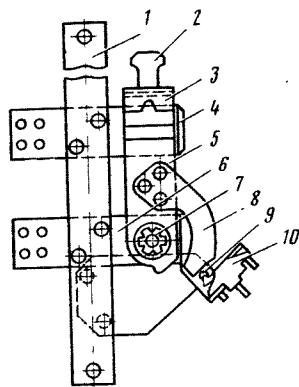


Рис. 176. Разъединитель типа РТД-20—21

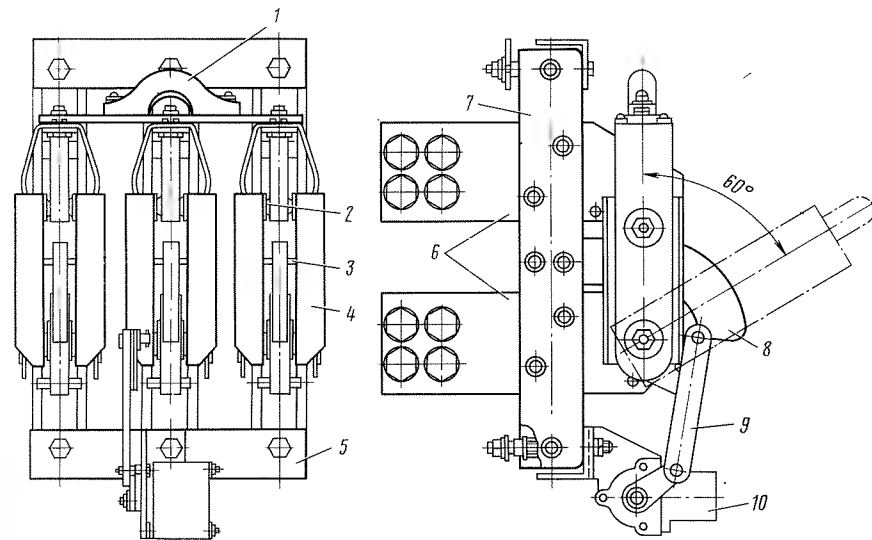


Рис. 177. Разъединитель выпрямительных установок

Рукоятка 2 предназначена для ручного включения и отключения разъединителя (конечно, при опущенных токоприемниках). Разъединитель имеет два вывода для подключения шин, один из которых является шарнирной опорой 6 для ножа. В шарнире контактное нажатие обеспечивается пружинной шайбой 7. Токонесущие детали (выводы, контакты) монтируют на изоляционных стойках 1.

На разъединители устанавливают блок-контакты 10, выполненные в виде малогабаритных кулачковых контакторных элементов. Вместо кулачковой шайбы используют фигурный рычаг 8, который при отключении разъединителя своим выступом нажимает на ролик 9, перемещает его вниз и тем самым производит переключения блок-контактов. Разъединители РТД-20—21 рассчитаны на напряжение 3000 В и ток 1000 А.

В цепях выпрямительных установок на восьмиосных электровозах используются трехполюсные разъединители РВУ-29 и Р-45. Устройство и технические данные этих разъединителей одинаковы. Разъединитель Р-45 имеет модернизированное роlikовое устройство, снижающее усилие отключения, и отличается некоторыми конструктивными улучшениями. Разъединитель состоит из трех изолированных разъединителей, установленных на каркасе 5 (рис. 177), связанных общей рукояткой 1, предназначенной для ручного включения и отключения. Каждый разъединитель укрепляют на двух изолированных стойках 7. Он имеет нож, состоящий из двух контактных пластин 4, и неподвижный контакт—пластину 6. Нож шарнирно посажен на нижнюю контактную пластину, которая, как и верхняя, служит выводным зажимом разъединителя. Нож может поворачиваться в пределах 60°. Во включенном положении его пластины охватывают верхнюю пластину, и тем самым обеспечивается электрическое соединение выходных шин—пластин 6.

Чтобы обеспечить надежный контакт с малым переходным сопротивлением и уменьшить электрический износ контактных поверхностей, рабочие поверхности шарнирного и клинового контактов выполнены с напайками 2 из композиции серебро—графит. Для уменьшения механического износа напаяк разъединитель снабжен специальным роликовым устройством 3, обеспечивающим уменьшение скольжения напаяк друг относительно друга в процессе включения и отключения.

В качестве блок-контактов в этом разъединителе используются малогабаритные кулачковые контакторные элементы 10 закрытого исполнения. Привод осуществляется тягой 9, шарнирно соединенной с пластиной 8 и рычагом, установленным на валу контакторных элементов.

Разъединители Р-45 и РВУ выполнены на номинальное напряжение 1500 В, номинальный ток постоянный 2200 А и переменный 2000 А.

§ 53. Резисторы силовой цепи

Сопротивление, мощность, конструкция и размер резистора определяются условиями и параметрами цепи (ток и напряжение), в которой его устанавливают. Чем больше мощность, тем больше размеры и масса резистора. В резисторах электроэнергия превращается в тепло. Тепло рассеивается в окружающее пространство. Маломощные резисторы охлаждаются естественным образом, а резисторы, рассчитанные на рассеивание энергии больших мощностей, обдуваются воздухом, что увеличивает их нагрузочную способность, т. е. допустимую для них мощность без увеличения размеров.

Рассмотрим назначение и конструктивные особенности некоторых резисторов.

В режиме реостатного торможения двигателя электровоза ВЛ80^т работают как генераторы. Ток, вырабатываемый при этом каждым из двигателей, протекает по замкнутой цепи тяговый двигатель—резистор.

Очевидно, что тормозной резистор должен быть рассчитан на мощность, примерно равную мощности двигателя (700 кВт). Чтобы по возможности уменьшить габариты и массу тормозных резисторов, применяется принудительное воздушное охлаждение.

На электровозе ВЛ80^т тормозной реостат выполнен в виде блока БТС (блок тормозных сопротивлений). Для цепи одного двигателя предназначен один блок. Блок представляет собой каркас 1 (рис. 178), в котором размещены резисторы. Каждый резистор выполнен в виде непрерывной волнообразно изогнутой ленты. На прямолинейных участках ленты выштампованы в продольном направлении гофры, которые придают ей жесткость и, кроме того, вызывают завихрения потока охлаждающего воздуха. Лента в местах перегиба укреплена в держателях, которые в свою очередь смонтированы на изоляторах, набранных на шпильку. Держатели обеспечивают компенсацию температурного изменения длины витков ленты благодаря их свободному перемещению в пазах между изоляторами. Выводы блока к ленте резистора присоединяются пайкой.

В жесткий каркас блока помещают элементы резистора в виде пакета-колонки. Пакет крепят к каркасу шпильками и раструбом. Каркас блока от корпуса электровоза изолирован рамой 3 из изоляционного материала, а элементы резистора от каркаса и друг от друга—фарфоровыми шайбами. Со стороны электрических выводов блок закрыт изолирующей стенкой 2, установленной на эластичных прокладках. На выводы 4 в местах прохода их сквозь стенку 2 надеты шайбы, предотвращающие попадание горячего воздуха из блока в кузов электровоза.

Охлаждающий воздух подается снизу и проходит через блок по каналу, образованному изоляторами.

На электровозах ВЛ80^т устанавливают блоки БТС-104 и БТС-129. Последние, имеющие дополнительный третий вывод, начали устанавливать на электровозах с 1976 г. для обеспечения возможности реостатного торможения при более низких скоростях, чем на электровозах предыдущих выпусков.

Блоки БТС имеют номинальное полное сопротивление 1 Ом при номинальном токе 830 А и охлаждении его (расход воздуха 210 м³/мин). Нагрев охлаждающего воздуха при этих условиях достигает 212° С. В блоке БТС-129 сопротивление одной части составляет 0,54 Ом. Изоляция блоков выполнена на напряжение 2 кВ.

На электровозах ЧС4^т в режиме реостатного торможения каждый тяговый двигатель работает со своим независимым резистором. Три резистора конструктивно объединены в один самостоятельный блок, охлаждаемый одним общим вентилятором. Вентилятор, подключенный к одному из резисторов, работает с различной мощностью в зависимости от значения тока через резистор. Чем больше ток, тем больше частота вращения вентилятора, который более интенсивно охлаждает фехрелевые элементы резисторов.

Блок трех резисторов выполнен на номинальное напряжение 800 В и мощность 2500 кВт и имеет массу 460 кг.

Мощные резисторы на электровозах установлены в цепях ослабления возбуждения тяговых двигателей, а также для пуска расщепителей фаз.

На восьмиосных электровозах в цепях ослабления возбуждения используют резистор ОПС-438 (рис. 179), который состоит из двух элементов ЛФ—верхнего и нижнего, скрепленных четырьмя шпильками.

Элемент резистора выполнен в виде непрерывной волнообразной ленты 1 из жаропрочного материала высокого омического сопротивления. Лента имеет на прямолинейных участках выштампованные в продольном направлении гофры. В местах перегибов ленты предусмотрены держатели, которые крепят ленту к изоляторам 2, набранным на шпильки.

Резистор ОПС-438 выполнен с изоляцией от корпуса электровоза на напряжение 2 кВ. Сопротивления отдельных элементов резистора неодинаковы и рассчитаны на различные токи (210, 325 и 550 А)—соответственно их месту в электрической схеме цепей возбуждения.

На электровозах ЧС4 и ЧС4^т для ослабления возбуждения также применяют резисторы, собранные в блоки. Элементы резисторов выполнены из фехрелевой ленты, намотанной на ребро и укреплен-

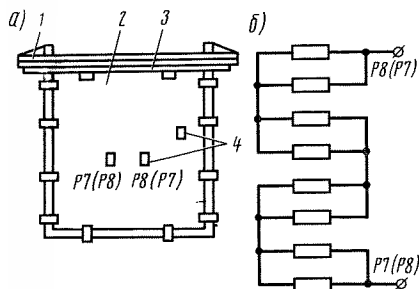


Рис. 178. Блок тормозных резисторов (а) и схема соединений его элементов (б)

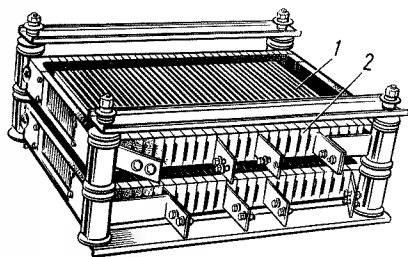


Рис. 179. Резистор ослабления возбуждения ОПС-438

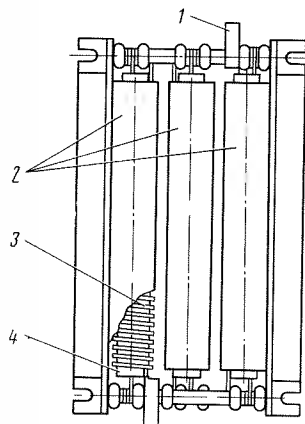


Рис. 180. Резистор КФ-508

ной на керамических стеатитовых изоляторах в виде гребенки. Фехрелевые резисторы обладают высокой механической прочностью и допускают значительные превышения температуры. Достоинством их является также незначительное изменение сопротивления при изменении температуры (в отличие от чугунных резисторов). Для лучшего использования резисторов часть из них соединяют параллельно и применяют принудительное воздушное охлаждение.

На восьмиосных электровозах резисторы КФ-508 (рис. 180) используются в качестве пусковых для расщепителей фаз. Они состоят из трех элементов, соединенных последовательно. Резистор сопротивлением $0,795 \pm 0,08$ Ом при 20°C рассчитан в условиях естественного охлаждения на одномоментный ток 300 А при напряжении 380 В; масса резистора около 34 кг. Элементы 2 смонтированы на стеатитовых изоляторах 4, в канавки которых по винтовой линии заложены на ребро витки ленты 3, изготовленной из высокоомного жаропрочного материала. К концам ленты латунью припаяны наконечники. Пусковые резисторы имеют два вывода 1.

§ 54. Индуктивные шунты

Через тяговые двигатели электровозов переменного тока протекает пульсирующий ток. Обмотки возбуждения двигателей шунтируются резисторами различного сопротивления в зависимости от выбранной машинистом ступени ослабления возбуждения. Резистор по сравнению с обмоткой возбуждения обладает значительным омическим сопротивлением и малым индуктивным.

Пульсирующий ток можно представить как сумму двух состав-

ляющих — постоянной и переменной. Переменная составляющая распределяется в основном обратно пропорционально индуктивностям параллельных цепей, а постоянная составляющая — обратно пропорционально омическому сопротивлению. Поэтому в схеме рис. 181, а почти вся переменная составляющая тока тягового двигателя проходит через резистор, а постоянная составляющая распределяется в соответствии с отношением сопротивлений резистора R и обмотки возбуждения $ОВ$. Неодинаковые параметры параллельных цепей вызвали бы тяжелые переходные процессы в тяговых двигателях при включении и переключении ступеней ослабления возбуждения. Поэтому последовательно с резистором R включают катушку с определенной индуктивностью, которую называют индуктивным шунтом ИШ (рис. 181, б). Индуктивный шунт улучшает распределение токов при переходных процессах и тем самым облегчает условия работы двигателя. Для увеличения индуктивности катушки в нее вставляют стальной сердечник, что приводит к уменьшению индуктивного сопротивления при возрастании тока. Для уменьшения вихревых токов и соответственно потерь в сердечнике его выполняют шихтованным.

Индуктивный шунт ИШ-95 восьмиосных электровозов состоит из обмотки 3 (рис. 182), двух боковин 1, стянутых в осевом направлении тремя шпильками 4. Магнитопровод 2 состоит из пластин электро-технической стали толщиной 0,5 мм, изолированных лаком. Обмотка катушки выполнена из медной ленты сечением 3×45 мм, намотанной на ребро.

Катушка с магнитопроводом пропитывается в лаке вакуумно-нагревательным способом с последующей выпечкой. Шунт ИШ-95 рассчитан на номинальное напряжение 2000 В, имеет номинальный ток 520 А; начальная индуктивность его при переменном токе 100 А частотой 50 Гц составляет 2,5 мГн, а индуктивность при подмагничивающем токе 520 А равна 1,5 мГн. Охлаждение шунта воздушное, принудительное; масса его 110 кг.

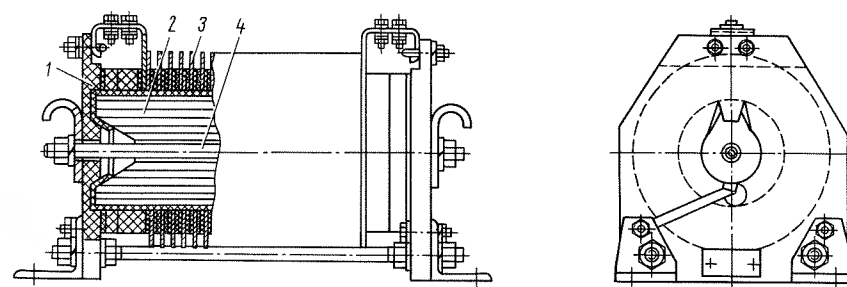


Рис. 182. Индуктивный шунт ИШ-95

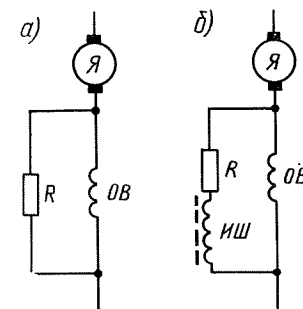


Рис. 181. Схемы шунтирования обмоток возбуждения

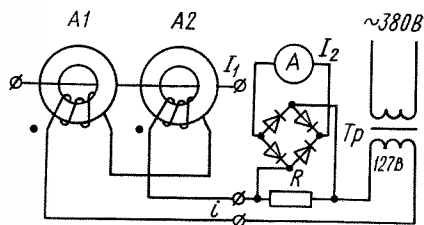


Рис. 183. Принципиальная схема трансформаторов постоянного тока

§ 55. Трансформаторы постоянного тока (датчики тока)

В цепях переменного тока для косвенных измерений тока и напряжения используют простейшие аппараты — трансформаторы тока и напряжения. В цепях постоянного тока также необходимо производить косвенные замеры, изолируя измерительные цепи от силовых, а

использовать трансформаторы невозможно, так как они могут работать лишь на переменном токе. С этой целью применяют специальные устройства, которые выполняют такую же роль, как и трансформаторы тока. Поэтому их иногда называют трансформаторами постоянного тока (ТПТ), а иногда — датчиками тока. Итак, основное назначение ТПТ — получить ток в измерительной цепи, пропорциональный току силовой цепи, и изолировать измерительную цепь от силовой.

Латунный стержень ТПТ (рис. 183), представляющий собой как бы первичную его обмотку, пропущен через два тороидальных сердечника A1 и A2. Вторичные обмотки, включенные встречно по отношению друг к другу, получают питание от трансформатора Тр через резистор R. Ток i в их цепи зависит от сопротивления R и индуктивного сопротивления обмоток. Если силовой ток I_1 увеличивается, то происходит намагничивание и насыщение тороидальных сердечников, в результате чего их индуктивное сопротивление уменьшается, а ток i увеличивается. Таким образом, с увеличением постоянного тока I_1 увеличивается переменный ток i . Для того чтобы получить в измерительной цепи постоянный ток, к резистору R (напряжение на нем пропорционально току i) подсоединяют выпрямительный мост, на выходе которого получается выпрямленный ток I_2 , также пропорциональный измеряемому току I_1 .

Если силовой ток уменьшается, то вследствие увеличения индуктивного сопротивления вторичных обмоток уменьшаются токи i и I_2 .

Из сказанного ясно, что действие датчиков тока основано на изменении индуктивного сопротивления обмоток тороидальных сердечников при их насыщении под действием измеряемого силового тока. Следует отметить, что в датчиках тока используются два тороидальных сердечника (а не один), причем их магнитные потоки направлены в разные стороны. Так делают для того, чтобы по возможности исключить влияние магнитных потоков рассеяния, которые могли бы нарушить пропорциональность первичного и вторичного токов.

Технические данные трансформаторов тока, используемых на электровозах ВЛ80^т, следующие: напряжение питания 127 В, номинальный первичный ток 900 А, коэффициент трансформации $0,8 \pm 0,048$ мА/А. Максимальное сопротивление нагрузки 100 Ом; охлаждение естественное воздушное.

АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ

§ 56. Главные выключатели

Главный выключатель (ГВ) установлен в цепи питания первичной обмотки трансформатора. При его отключении прерывается цепь питания этой обмотки, а следовательно, снимается напряжение со вторичной и вспомогательной обмоток трансформатора.

Во всех тяжелых аварийных режимах, представляющих опасность для основного оборудования электровоза, защиты воздействуют на ГВ, который, отключаясь, снимает напряжение с силовых и вспомогательных цепей электровоза. Снятие напряжения приводит к прекращению питания тяговых двигателей и вспомогательных машин, все силовые цепи электровоза, в том числе и цепь с аварийным режимом, остаются без напряжения — аварийный режим прекращается. Чем меньше времени проходит от возникновения аварийного режима до снятия напряжения, тем меньше опасность повреждения оборудования. Главный выключатель отключается за 0,04—0,06 с, что обеспечивает в большинстве случаев сохранность оборудования электровоза.

Во время работы на электровозе машинисту часто приходится отключать ГВ, что он осуществляет с помощью соответствующей кнопки. Например, перед опусканием токоприемника машинист обязан выключить ГВ. Если он этого не сделает, то при опускании токоприемника между ползком и проводом образуется устойчивая и довольно продолжительная (1—2 с) дуга, которая может повредить поверхность контактного провода, что приведет к его ускоренному износу.

При осмотре или ремонте электровоза, находящегося под контактным проводом, отключать ГВ необходимо также для обеспечения безопасности работающих в высоковольтной камере людей. По условиям безопасности необходим двойной разрыв между контактным проводом и электрическими цепями электровоза, на котором работают люди. Первый разрыв образуется между проводом и опущенным токоприемником, а второй обеспечивается отключенным ГВ. Если при осмотре электровоза ГВ оставить включенным, то в случае обрыва контактного провода или стружки контактной сети на токоприемник может попасть напряжение 25 кВ, и, следовательно, все цепи электровоза окажутся под напряжением.

Таким образом, ГВ предназначен для оперативного включения или отключения первичной обмотки трансформатора, а также для автоматического отключения трансформатора от контактной сети при опасных для оборудования аварийных режимах (короткие замыкания, перегрузка, повреждение изоляции и т. п.).

На электровозах переменного тока в качестве ГВ устанавливают воздушные выключатели, в которых сжатый воздух используется и

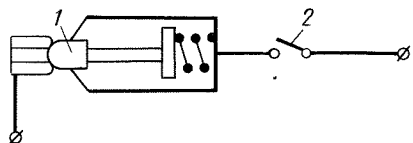


Рис. 184. Схема силовой цепи воздушного выключателя

последовательных операций: размыкания разрывными контактами силовой цепи под нагрузкой и размыкания разъединителем уже обесточенной цепи. После отключения разъединителя замыкаются уже обесточенные разрывные контакты, а силовая цепь остается разомкнутой контактами разъединителя. Все операции строго согласованы во времени: каждая последующая начинается только после завершения предыдущей. Это объясняется тем, что нельзя допустить, например, чтобы контакты разъединителя начали размыкаться раньше чем погаснет дуга на разрывных контактах. Нарушение очередности привело бы к выгоранию и порче контактов разъединителя, не приспособленных для размыкания цепи под нагрузкой. Нельзя также допустить, чтобы в процессе отключения выключателя разрывные контакты замкнулись раньше чем разъединитель отключится, так как это приведет к повреждению разъединителя. Таким образом, разрывные контакты замкнуты как при включенном, так и при отключенном ГВ. Они лишь кратковременно размыкаются в процессе отключения выключателя, разрывая силовую цепь под нагрузкой и обеспечивая возможность отключения разъединителей.

Процесс включения воздушного выключателя заключается лишь в замыкании контактов его разъединителя: разрывные контакты замкнуты.

Рассмотрим, как устроены и работают воздушные выключатели, и попутно отметим их характерные особенности.

Основой выключателя ВОВ-25-4М, установленного на отечественных электровазах, является силуминовый корпус 12 (рис. 185), которым выключатель крепится к крыше электроваза. Уплотнение между корпусом и крышей обеспечивается резиновым шнуром. К корпусу с помощью патрубка прикреплен воздушный резервуар 11 емкостью 32 л. Во время процесса отключения сжатый воздух из резервуара подается в дугогасительную камеру через патрубок 10 и полость наклонного изолятора 9.

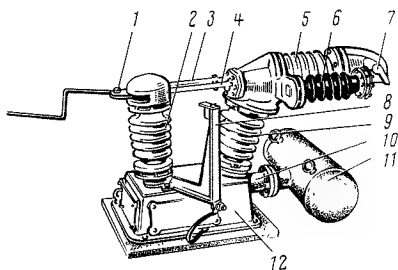


Рис. 185. Воздушный выключатель ВОВ-25-4М

для привода выключателя, и для гашения дуги, образующейся на контактах при их размыкании. Токоведущая цепь воздушного выключателя имеет две пары контактов: разрывные 1 (рис. 184) и разъединителя 2.

Процесс отключения воздушного выключателя состоит из двух

Из резервуара выведена трубка, предназначенная для выпуска сжатого воздуха и конденсата. Трубка оканчивается в корпусе штуцером, к которому подсоединяется труба с запорным вентилем. Другой штуцер служит для подсоединения питающего воздухопровода.

На верхней части корпуса смонтирована высоковольтная часть выключателя, к которой относится

разъединитель, состоящий из ножей 3, укрепленных на поворотном изоляторе 2, неподвижного контакта 4 и дугогасительной камеры, смонтированной в горизонтальном полем изоляторе 5, укрепленном на наклонном изоляторе. На горизонтальном изоляторе установлен нелинейный резистор 6.

Между ножами разъединителя шарнирно укреплен вывод 1, предназначенный для присоединения выключателя к высоковольтной цепи. Вторым выводом выключателя является фланец 7, установленный на полем изоляторе 5. На корпусе закреплен кронштейн 8, на который заземляются ножи разъединителя в отключенном положении. Внутри корпуса смонтированы механизмы управления выключателем. Подвод низковольтных проводов управления и сигнализации к выключателю от цепей электроваза осуществляется через штепсельные разъемы.

Силовая электрическая цепь выключателя (рис. 186) включает в себя зажим 21, нож 17 разъединителя, неподвижный контакт разъединителя 14, цилиндр 13, трубку 8 с пружинными контактными ламелями 6, подвижной контакт 5, связанный штоком 9 с поршнем 10, неподвижный контакт 4, фланец 3 с выводным зажимом. Поршень 10 постоянно отжимается пружиной 12 в сторону замыкания дугогасительных контактов 5 и 4. Для смягчения ударов поршня при перемещении его вправо (это бывает при отключении выключа-

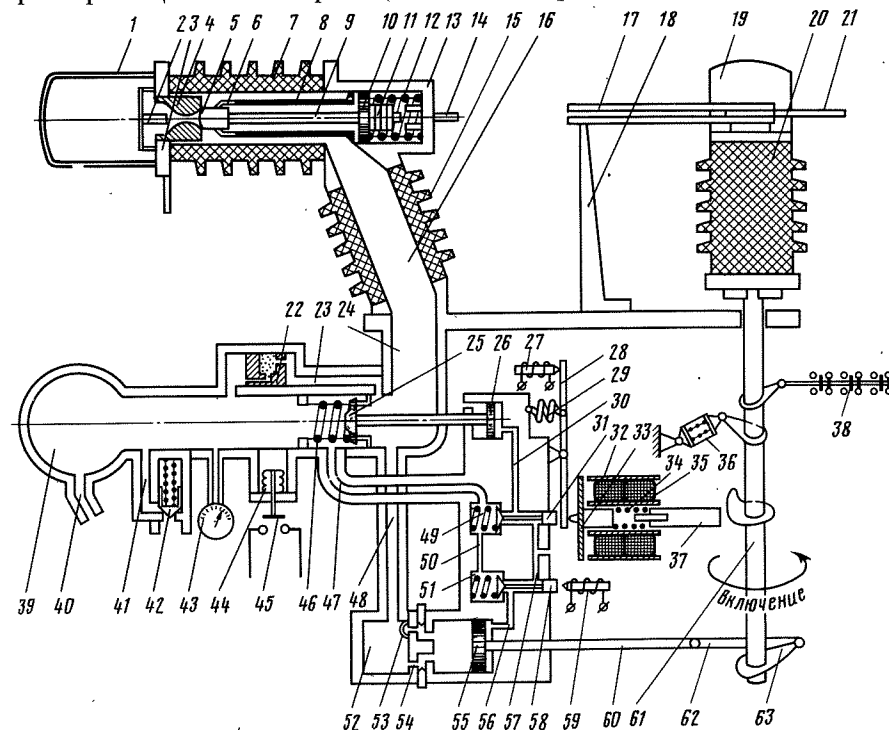


Рис. 186. Принципиальная схема воздушного выключателя

теля) на нем устроен демпфер 11, набранный из резиновых и стальных шайб. Контактное нажатие между дугогасительными контактами составляет 450 Н. К фланцу 3 прикреплен колпак 1 и ограничитель дуги, оканчивающийся тугоплавким наконечником 2. Место крепления ножей разъединителя к изолятору покрыто колпаком 19.

Контактная поверхность токоведущих деталей с целью обеспечения надежного электрического контакта покрыта слоем серебра. Токоведущая цепь изолирована от корпуса опорными изоляторами 15 и 20.

Воздушный выключатель является основным защитным аппаратом, поэтому он должен быть постоянно готов к действию — к отключению. Возможно и ошибочное включение выключателя на короткозамкнутую цепь, при этом он должен немедленно отключиться. Следовательно, до включения выключателя в его резервуаре должен быть сжатый воздух. Специальное реле давления 44 не допускает включения выключателя при недостаточном давлении в резервуаре и вызывает его отключение, если давление, снижаясь, достигает минимального уровня. Для включения выключателя (точнее, для включения его разъединителя) необходимо, чтобы в резервуаре 39 был сжатый воздух при определенном давлении, которое контролируется манометром 43 и реле давления 44. Контакт 45 замыкается в том случае, когда давление больше 568 кПа. Если давление меньше, то разомкнутым контактом отключен общий провод цепей управления и включить выключатель невозможно. Забегая вперед, отметим, что если выключатель был включен, а давление стало ниже 470,4 кПа, контакты реле давления приведут в действие отключающий механизм выключателя и произойдет отключение.

Сжатый воздух подводится к резервуару 39 по каналу 41 через обратный клапан 42. Обратный клапан поставлен для предотвращения утечки воздуха из резервуара в случае снижения давления в пневматической системе электровоза. Из резервуара воздух поступает по каналу 47 в полость 49 клапана отключения 31 и по каналу 50 в полость 51 пускового клапана 58. Одновременно через патрон аэрации 22 по каналу 23 осуществляется постоянная дозированная вентиляция полостей наклонного 15 и горизонтального 7 изоляторов.

Удерживающая катушка 32 состоит из обмотки 35, якоря 33 и пружины 34. Когда на катушку подано напряжение, она удерживает якорь 33 притянутым в правом положении. Если выключатель (разъединитель) отключен, то толкатель 37, находясь в правом положении, не сжимает пружину и она независимо от наличия напряжения на удерживающей катушке не воздействует на якорь 33. При включенном выключателе толкатель сжимает пружину, и ее усилие стремится переместить якорь влево. Однако якорь удерживается электромагнитными силами катушки в правом положении. Если разорвать цепь удерживающей катушки, то якорь под воздействием пружины переместится влево и рычагом 28 откроет клапан 31, что является начальной операцией отключения выключателя.

Рассмотрим сначала операцию включения выключателя.

Чтобы включить выключатель, машинист сначала включает кнопку *Выключение ГВ*. При этом напряжение 50 В подается на

обмотку 35 удерживающей катушки. Затем машинист кратковременно, в течение 2—3 с, нажимает кнопку *Включение ГВ и возврат реле*, имеющую пружину возврата. Напряжение 50 В через соответствующие блок-контакты в цепи управления и блок-контакт выключателя, замкнутый в его отключенном положении, подается на включающий электромагнит 59. Он воздействует на пусковой клапан 58. Когда клапан откроется, сжатый воздух из полости 51 по каналу 56 устремится в цилиндр и переместит поршень 55 в левое крайнее положение. Скорость перемещения поршня и соответственно скорость включения разъединителя ограничивается благодаря сжатию воздуха с левой стороны поршня. Воздух в полость 52 перетекает через верхнюю диафрагму, площадь сечения которой регулируется, и клапан 53, благодаря чему устанавливается нужная скорость включения. При движении поршня со штоком 60 и тягой 62 влево рычаг 63 поворачивает вал 61 с изолятором 20 на угол 60° — до замыкания ножа 17 разъединителя с контактом 14 (на виде сверху нож поворачивается против часовой стрелки).

В конце поворота вала рычаг переключает блок-контакты 38, один из которых размыкает цепь включающего электромагнита 59. Сердечник электромагнита возвращается в исходное положение, пусковой клапан закрывается, и сжатый воздух из цилиндра по каналам 56 и 57 уходит в атмосферу. Поршень 55 остается в крайнем левом положении.

При повороте вала 61 в сторону, соответствующую включению выключателя, толкатель 37 перемещается влево, сжимает пружину 34, которая в свою очередь воздействует на якорь 33. Однако якорь электромагнитными силами удерживается в притянутом состоянии. В том случае, когда по каким-либо причинам по удерживающей катушке не протекает ток, под действием пружин якорь перемещается влево, и начинается отключение выключателя.

Чтобы отключить выключатель, нужно привести в действие клапан 31. Для этого необходимо либо разомкнуть цепь удерживающей катушки, либо подать напряжение на отключающий электромагнит 27. Цепь удерживающей катушки может быть разомкнута либо кнопкой *Выключение ГВ*, либо контактами реле той или иной защиты. Например, на восьмиосных электровозах эта цепь разрывается при срабатывании защиты от перегрузки тяговых двигателей, дифференциальной защиты, защиты выпрямительных установок, защиты от замедленного вращения вала переключателя ступеней, земляной защиты, токовой защиты вспомогательных цепей и токовой защиты силовой цепи.

Отключающий электромагнит воздействует на отключающий механизм выключателя при подаче на его катушку переменного напряжения. При воздействии как удерживающей катушки, так и отключающего электромагнита рычаг 28 поворачивается по часовой стрелке, преодолевая усилие пружины 29. Пусковой клапан 31 открывается, из полости 49 сжатый воздух по каналу 30 устремляется к поршню 26, при перемещении которого влево сжимается пружина 46 и открывается главный пусковой клапан 25. Теперь из резервуара 39 поток сжатого воздуха по каналам 24, 16 поступает в дугогасительную камеру горизонтального изолятора и одновременно по каналу 48 в камеру 52 и через диафрагму 54, площадь сечения

которой регулируется винтом, в цилиндр поршня 55 привода разъединителя.

В дугогасительной камере под действием возрастающего давления поршень 10 и связанный с ним подвижной контакт 5, сжимая пружину 12, переместятся вправо на 25 мм. Между разрывными контактами возникнет электрическая дуга. Дуга, образовавшаяся между подвижным 5 и неподвижным 4 контактами, выдувается и гасится потоком сжатого воздуха, который попадает в полость головки, а затем выходит в атмосферу. Для ускорения гашения дуги в зоне ее интенсивного горения помещен тугоплавкий наконечник 2, который делит дугу на несколько частей, облегчая ее гашение. Отключение выключателя всегда сопровождается звуком удара и хлопком, соответствующим выбросу сжатого воздуха в атмосферу.

Контакты разъединителя не должны начинать размыкаться до погасания дуги на дугогасительных контактах. Для обеспечения необходимой выдержки времени в выключателе предусмотрена полость 52 и диафрагма 54 с регулируемым сечением: чем меньше сечение диафрагмы, тем больше будет выдержка времени. Через 0,30—0,35 с после начала размыкания дугогасительных контактов поршень 55 под действием сжатого воздуха перемещается в крайнее правое положение, размыкая токоведущую цепь и поворачивая нож разъединителя до замыкания с заземляющим кронштейном 18.

При повороте вала 61 в сторону отключения толкатель 37 перемещается вправо и перестает сжимать пружину. Якорь 33, рычаг 28 и клапан 31 освобождаются от воздействия пружины 34. Пружина в полости 49 закрывает клапан 31. Воздух из-под поршня 26 уходит в атмосферу, закрывается главный клапан 25. После этого давление в камере падает, и поршень 10 с подвижным контактом 5 возвращается в крайнее левое положение: дугогасительные контакты замыкаются. Как в отключенном, так и во включенном положении вал 61 фиксируется доводящим механизмом 36 со сжатой пружиной. Конденсат из резервуара 39 удаляется через трубку 40.

Технические данные выключателя ВОВ-25-4М следующие:

Номинальное напряжение	25 кВ
Номинальный ток	400 А
Номинальный ток отключения	10 кА
Номинальное давление сжатого воздуха	882 кПа
Диапазон рабочего давления сжатого воздуха	588—882 кПа
Мощность отключения:	
при давлении воздуха 588—882 кПа	250 МВ · А
при давлении воздуха 450—588 кПа	125 »
Снижение давления воздуха в резервуаре при отключении не более	245 кПа
То же при включении не более	49 »
Собственное время отключения выключателя при давлении 76,4 кПа не более	0,04 с
Собственное время включения выключателя	0,18 »
Время запаздывания разъединителя не менее	0,03 »
Номинальное напряжение цепи управления	50 В
Ток срабатывания электромагнита переменного тока	11 А
Число блок-контактов замыкающих	3
То же размыкающих	3
Масса	200 кг

Комплектно с воздушным выключателем ВОВ-25-4М поставляются нелинейный резистор, специальный трансформатор тока на проходном изоляторе и реле, с помощью которого осуществляется защита от коротких замыканий в силовой цепи электровоза.

Нелинейный резистор предназначен для уменьшения перенапряжений, возникающих на дугогасительных контактах при разрыве дуги. После размыкания разрывных контактов главного выключателя на них возникает дуга, которая гаснет обычно тогда, когда ток переходит через нулевое значение. В определенных условиях дуга может погаснуть и раньше, что сопровождается резким падением тока. Быстрое уменьшение тока вызывает перенапряжения, которые могут быть опасны для оборудования. Для уменьшения перенапряжений следует растянуть во времени процесс спада тока. Это и выполняет нелинейный резистор. Отличительной его особенностью является непостоянство сопротивления — нелинейность. При увеличении напряжения, приложенного к резистору, его сопротивление становится меньше, и наоборот. В случае возникновения перенапряжений в момент обрыва дуги между разрывными контактами его сопротивление становится меньше — через резистор протекает ток, который снижает и часто совсем снимает перенапряжение. После этого его сопротивление увеличивается, что обуславливает необходимое уменьшение тока для отключения его разъединителем.

Резистор крепится к фланцам горизонтального изолятора выключателя и подключается параллельно дугогасительным контактам.

Нелинейный резистор типа ВНКС-25 (рис. 187) состоит из полого фарфорового изолятора 1, внутри которого расположены керамические шайбы 2, прижимаемые пружиной 3. Фланцы 4 закрывают изолятор с торцов и одновременно используются для крепления резистора к главному выключателю.

Резистор ВНКС-25М рассчитан на номинальное напряжение 25 кВ.

Через трансформатор тока ТПОФ-25 осуществляется ввод провода с напряжением 25 кВ, идущего от главного выключателя, расположенного на крыше, к первичной обмотке тягового трансформатора, установленного в кузове электровоза. Кроме того, трансформатор ТПОФ-25 используется для контроля тока в цепи с напряжением 25 кВ.

В проходной изолятор 1 (рис. 188) встроен трансформатор тока, первичной обмоткой которого является токоведущий стержень 2 изолятора. Вторичная обмотка трансформатора тока намотана на кольцевой сердечник 3. Она имеет 16 витков. Таким образом, коэффициент трансформации равен 16. Это значит, что ток во вторичной обмотке трансформатора в 16 раз меньше, чем в первичной, т. е. в стержне 2. Вторичная обмотка трансформатора тока соединена с обмоткой реле максимального тока (РМТ), смонтирован-

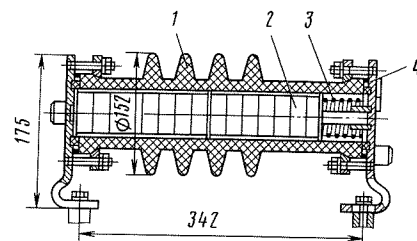


Рис. 187. Нелинейный резистор ВНКС-25

ного в воздушном выключателе. В их цепи всегда протекает ток, пропорциональный току выключателя. РМТ срабатывает, если ток выключателя превышает ток уставки. Катушка реле имеет шесть зажимов, которыми она может быть подсоединена к трансформатору тока. Меняя число рабочих витков катушки, можно изменять уставку реле максимального тока. Чем больше витков в катушке реле, тем меньше ток его срабатывания.

Воздушные выключатели, установленные на электровозах ЧС4 и ЧС4^т (рис. 189), по назначению и принципу действия аналогичны рассмотренным выключателям ВОВ-25-4М, но отличаются по конструкции. На первых электровозах ЧС4 устанавливали выключатели типа 2DVV-25A1, а на последующих ЧС4 и ЧС4^т — типа 2DVV-25A2, у которых несколько изменена система управления.

Выключатели этого типа состоят из разъединителя с ножом 4, установленным на поворотном изоляторе, дугогасительных контактов, смонтированных в полости горизонтального изолятора 3, воздух в который подается через полость опорного изолятора 2, и электропневматического привода. Запас сжатого воздуха содержится в резервуаре 1.

Основанием выключателя является плита, которой его крепят к крыше электровоза. Над крышей размещается высоковольтная часть выключателя (разъединитель и дугогасительные контакты), а в кузове — привод, резервуар сжатого воздуха и другое вспомогательное оборудование. Высоковольтная камера выключателя при наличии сжатого воздуха в резервуаре постоянно продувается сухим воздухом, что создает благоприятные условия для гашения дуги.

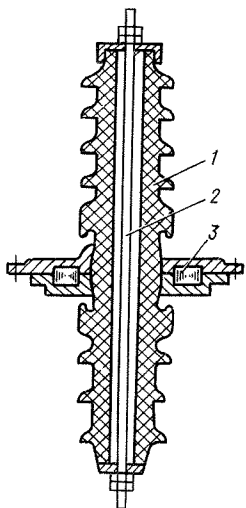


Рис. 188

Рис. 188. Проходной изолятор с трансформатором тока

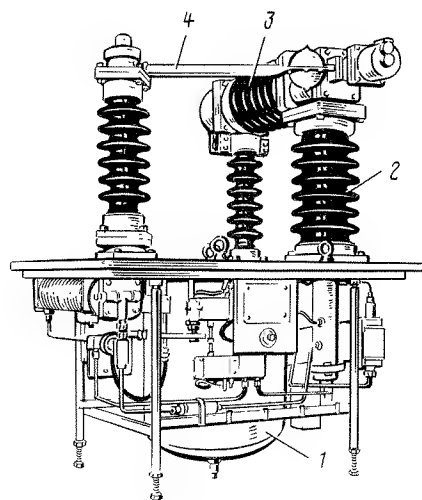


Рис. 189

Рис. 189. Воздушный выключатель электровозов ЧС4:

1 — резервуар сжатого воздуха; 2 — полый опорный изолятор; 3 — горизонтальный изолятор; 4 — нож разъединителя

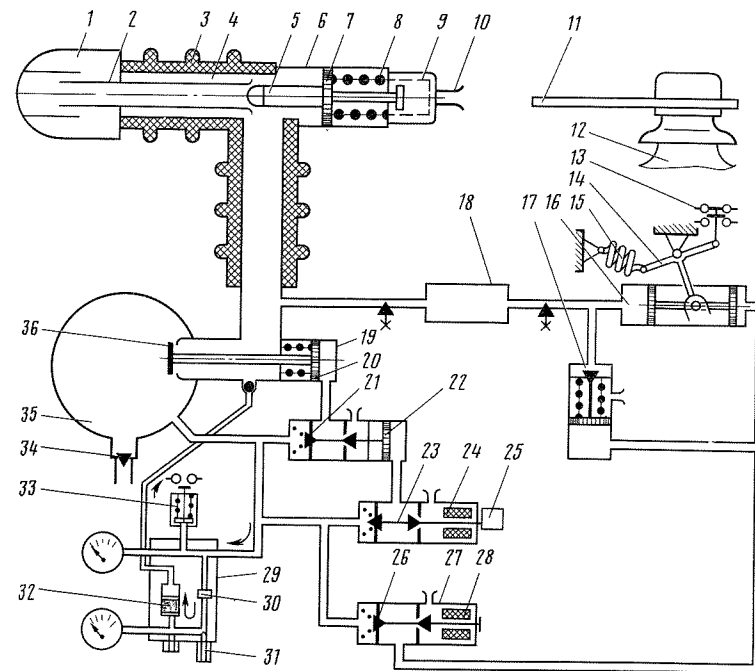


Рис. 190. Принципиальная схема воздушного выключателя 2DVV-25A1

Воздух из резервуара перед подачей в камеру очищают от пыли и осушают во влагоотделителе 29 (рис. 190). Направление вентилирующего воздуха на рисунке показано стрелками. Воздух из резервуара 35 поступает сначала в вертикальный канал, в середине которого находится стальное кольцо 30 с войлочным уплотнением и фильтр 32 из тонкого слоя раскошенного кварца, предназначенного для очистки воздуха. Пробка, расположенная под фильтром, предназначена для спуска влаги. Давление воздуха для вентилизации внутренних полостей выключателя должно быть 490 кПа. Его регулируют болтом 31 по показаниям манометров, один из которых показывает давление сжатого воздуха в резервуаре, другой — в трубке для поддува. Общий расход воздуха для вентилизации 50 л/ч. Реле давления 33 контролирует давление в резервуаре. Сжатый воздух в резервуар поступает через обратный клапан 34.

Включение выключателя сводится к включению разъединителя, так как его разрывные контакты всегда замкнуты. После подачи напряжения на катушку 28 включающего электропневматического вентиля 27 клапаны перемещаются влево, и сжатый воздух из резервуара 35 через левый клапан 26 поступает под правый поршень привода 16 разъединителя 11. Одновременно в разгрузочном вентиле 17 приподнимается клапан, через который левая полость цилиндра соединяется с атмосферой. Это приводит к перемещению поршней привода разъединителя влево и повороту кулисного рычага вместе с

изолятором 12 в направлении, соответствующем включению разъединителя. Доводящая пружина 15 (она же является фиксирующей) обеспечивает поворот ножа 11 до полного замыкания его с контактами 10.

С приводом разъединителя через рычаг 14 связаны блок-контакты 13 выключателя. Один из них после включения разъединителя прерывает цепь включающей катушки 28; при этом клапаны вентиля под действием пружины перемещаются вправо, в результате чего правая полость цилиндра соединяется с атмосферой. Разъединитель остается включенным благодаря воздействию пружины 15.

Одновременно с включением разъединителя пружинным механизмом 25 вводится в действие защитный электромагнитный удерживающий вентиль. Его назначение аналогично назначению удерживающей катушки в выключателе BOB-25-4. Во включенном положении выключателя (разъединителя) электромагнит 24 удерживает клапаны 23 в левом положении. Если же электромагнит 24 потеряет питание, пружина переместит клапаны вправо и начнется процесс отключения выключателя. Сжатый воздух из резервуара 35 через левый клапан отключающего вентиля 23 устремляется под поршень 22 пускового клапана 21. При перемещении поршня 22 влево клапан 21 открывает доступ сжатому воздуху в цилиндр 19 под поршень 20, связанный с главным пусковым клапаном 36. Когда поршень 20 и клапан 36 переместятся влево, открывается доступ воздуху непосредственно из главного резервуара прежде всего вверх — в дугогасительную камеру 4, а также вправо — к приводу 16 разъединителя. С повышением давления в дугогасительной камере поршень 7, размещенный в цилиндре 6, вместе с подвижным разрывным контактом 5 отходит от неподвижного контакта 2 вправо. Мощный поток сжатого воздуха, проходя через образовавшийся кольцевой зазор между неподвижным и подвижным контактами, гасит возникшую дугу. Пройдя через дугогасительную камеру 4, находящуюся внутри изолятора 3, и выхлопную камеру 1, воздух выбрасывается наружу.

Чтобы избежать резких ударов во время отключения, выключатель оборудован гидравлическим амортизатором 9. Сразу же после размыкания дугогасительных контактов и погасания на них дуги разъединитель отключается. Это обеспечивается поступлением сжатого воздуха в привод 16 — под левый поршень. Чтобы получить определенную выдержку времени, необходимую для разрыва силовой цепи и гашения дуги, воздух в привод разъединителя подают через замедляющий резервуар 18.

После того как нож разъединителя займет отключенное положение (с помощью пружины 15), пружинным механизмом 25 клапаны перемещаются в нормальное (левое) положение и прекращается действие отключающего механизма привода. Воздух из-под поршня 22 выходит через клапан вентиля в атмосферу. Поршень 22 со своими клапанами перемещается вправо. Открывается выход сжатому воздуху из-под поршня 20 в атмосферу. Поршень 20 с клапаном 36 перемещаются вправо, в результате чего прекращается поступление воздуха из резервуара в дугогасительную камеру. Поршень 7 под действием пружины 8 перемещается влево до замыкания дугогасящих контактов 5 и 2.

На этом процесс отключения заканчивается.

Технические данные воздушных выключателей 2DVV-25A1 и 2DVV-25A2 следующие:

Номинальное напряжение	25 кВ
Номинальный ток	400 А
Номинальный ток отключения	10000 »
Кратковременный ток отключения при к. з.	25000 »
Диапазон рабочих давлений сжатого воздуха	637—882 кПа
Разрывная мощность при давлении 882 кПа	250 МВ · А
Собственное время отключения	0,04 с
Напряжение цепей управления	48 В
Номинальная мощность вентиля:	
включающего	150 Вт
отключающего	10 »
Масса выключателя	275 кг

Конструкция отдельных деталей, узлов выключателей по мере накопления опыта их производства, эксплуатации и ремонта совершенствуется, в обозначения вносятся отличительные индексы (М, У и др.). Однако принцип действия и общее устройство выключателей не изменяются.

§ 57. Разрядники

Оборудование электровозов защищают от перенапряжений, возникающих при грозовых разрядах, а также при отключении больших нагрузок чаще всего разрядниками.

Эффективным средством предотвращения появления перенапряжений в цепи является подключение резистора или другой нагрузки, на которую может «разрядиться» узел цепи, являющийся источником перенапряжений. Подключение должно произойти своевременно — при нарастании напряжения, до того, пока оно достигнет опасного значения.

Разрядники представляют собой резисторы с последовательно включенными искровыми промежутками. При повышении напряжения искровые промежутки пробиваются, и через образовавшуюся дугу резистор подключается к защищаемой цепи для предотвращения перенапряжений. На электровозах с этой целью применяют разрядник РВЭ-25М. Его устанавливают на крыше.

Разрядник состоит из двух основных элементов: многократного искрового промежутка и нелинейного резистора (рис. 191). Многократный искровой промежуток разрядника составлен из семи последовательно соединенных комплектов 1 по четыре единичных искровых промежутка в каждом. Единичный искровой промежуток образуется двумя тарельчатыми электродами, изолированными миканитовыми прокладками в виде шайбы, толщиной которых определяется зазор искровых промежутков. Каждый комплект искровых промежутков шунтирован двумя одинаковыми высокоомными нелинейными резисторами 2, служащими для равномерного распределения напряжения по искровым промежуткам в установившихся режимах. Резисторы имеют подковообразную форму.

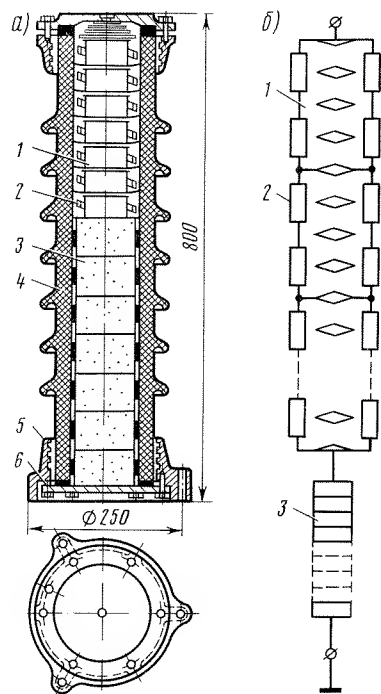


Рис. 191. Разрядник РВЭ-25М (а) и его электрическая схема (б)

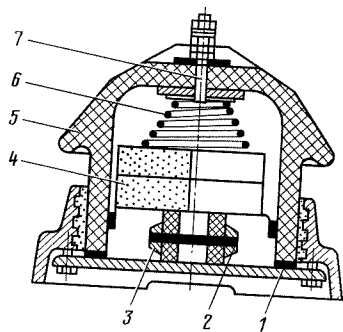


Рис. 192. Разрядник RBMKIV

Нелинейные резисторы — диски 3 — изготавливают из материала вилит (отсюда название разрядника — вилитовый). Вилит состоит из карбунда специального сорта и связующего вещества. Для обеспечения лучшего контакта торцы вилитовых дисков покрыты алюминием, а боковые поверхности — изолирующей обмазкой.

Разрядник смонтирован в фарфоровом кожухе 4, который армирован верхним и нижним силуминовыми фланцами 5. Комплект вилитовых дисков 3 и искровых промежутков сжимают сильной стальной пружиной, расположенной под верхним фланцем. Разрядники герметизируют с помощью кольцевых резиновых уплотнений 6. Это предотвращает изменение характеристик вилитовых резисторов и ухудшение изоляционных свойств миканита.

При повышении напряжения в защищаемой разрядником цепи сверх определенного значения (уставки), которое зависит и от скорости нарастания напряжения, пробиваются искровые промежутки, и тогда к контактной сети оказывается подключенным комплект вилитовых дисков 3. Через разрядник в первый момент времени потечет суммарный ток, состоящий из импульсного тока от перенапряжения и сопровождающего тока промышленной частоты. Импульсный ток достигает больших значений. При этом сопротивление вилита невелико, остающееся напряжение на разряднике во время протекания импульсного тока не превышает значений, опасных для изоляции электропровода. В этом основа защитного действия разрядника. После прохождения импульсного тока через разрядник еще некоторое время протекает сопровождающий ток 80—100 А. При таком сравнительно небольшом токе сопротивление разрядника становится значительно больше и на долю искровых промежутков приходится меньшая часть напряжения, что облегчает

гашение дуги. Срабатывание вилитового разрядника не влечет за собой никаких видимых последствий и часто остается незамеченным.

На электровазгах первых выпусков установлены разрядники РВЭ-25. После того как в конструкцию РВЭ-25 были внесены изменения, направленные на повышение надежности, в обозначение типа была добавлена буква М. В разряднике РВЭ-25М повышена вибропрочность шунтирующих резисторов.

Технические данные разрядника РВЭ-25М следующие:

Номинальное напряжение	25 кВ
Наибольшее допустимое напряжение	29 »
Действующее значение пробивного напряжения при частоте 50 Гц (в сухом состоянии и под дождем) не менее	58 »

Для защиты от перенапряжений цепей вторичных обмоток трансформатора устанавливают вентильные разрядники с магнитным гашением типа RBMKIV на восьмиосных электровазгах и RBMKV на электровазгах ВЛ60^к. Принцип работы этих разрядников в основном такой же, как и РВЭ-25М. Разрядник RBMKIV состоит из блока нелинейных резисторов 4 (рис. 192) и комплекта искровых промежутков 2, размещенных внутри фарфорового кожуха 5, армированного металлическим фланцем. Блок нелинейных резисторов состоит из трех параллельных колонок дисков диаметром 70 мм. Для ускорения гашения дуги искровой промежуток размещен в зазоре между постоянными магнитами 3, имеющими форму кольца. Пружина 6 сжимает весь комплект деталей. Подвеска 7 является одним выводом, другим служит нижний фланец. Разрядник герметизирован уплотнением 1.

Технические данные разрядников следующие:

	RBMKIV	RBMKV
Номинальное напряжение, кВ	1,23	2,06
Наибольшее допустимое напряжение гашения, кВ	1,5	2,5
Пробивное напряжение при частоте 50 Гц, кВ	2,2—2,7	3,9—4,7

§ 58. Блок дифференциальных реле

На отечественных электровазгах для защиты электрооборудования от токов короткого замыкания на вторичной стороне тягового трансформатора используется дифференциальная защита. Основным органом ее является блок БРД (блок реле дифференциальной защиты). При аварийном режиме ток в силовой цепи резко возрастает. Блок БРД постоянно контролирует скорость возрастания тока. Если она превышает наибольшую, которая может быть в рабочем режиме, то он срабатывает и своими контактами воздействует на отключающий механизм ГВ.

Устройство блока наглядно поясняется схемой на рис. 193. Он состоит из двух одинаковых электромагнитных реле 3 и 7. Якорь 2

реле, с которым связан рычаг 5, переключающий контакты 6, постоянно отжимается пружиной 1 вверх. На магнитопроводе реле помещена удерживающая (она же и включающая) катушка 4. Катушки обоих реле соединены последовательно и получают питание от напряжения 50 В. Ток в их цепи, ограниченный резисторами r_{34} и r_{35} , достаточен для удержания якорей притянутыми и недостаточен для их притягивания. При восстановлении реле резисторы замыкаются накоротко контактом реле 207, что происходит при нажатии кнопки *Включение ГВ и возврат реле*. Ток удерживающих катушек возрастает, якоря притягиваются. Включенное положение обоих реле свидетельствует о готовности защиты, что автоматически контролируется включенным положением главного выключателя, так как в цепь его удерживающей катушки введены контакты обоих реле.

Шина 11 разрезана на две части—параллельные ветви 10 и 9. Сквозь окна магнитопроводов каждого реле эти ветви пропущены одна навстречу другой. В случае если через блок дифференциальных реле протекает постоянный и неизменный по значению ток, то общий ток i делится между цепями примерно поровну: $i = i_1 + i_2$, а $i_1 = i_2$. Магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , вызванные соответственно токами i_1 и i_2 , равны и противоположно направлены, т. е. взаимно компенсированы. Результирующий поток в магнитной системе каждого реле определяется лишь магнитным потоком удерживающей катушки. Магнитные потоки Φ удерживающих катушек направлены по часовой стрелке (чтобы не загромождать рисунка, они не показаны). В реле 3 поток Φ совпадает с магнитным потоком Φ_2 , а в реле 7—с магнитным потоком Φ_1 . Взаимная компенсация потоков Φ_1 и Φ_2 происходит при условии, что через шину 11 протекает постоянный и неизменный по значению ток i .

Теперь представим, что ток i , протекающий через блок слева направо, быстро возрастает. На одну шинку (с током i_1) посажен пакет стальных шайб, и индуктивность ее больше, чем другой шинки (с током i_2). Поэтому ток i_1 нарастает значительно медленнее, чем ток i_2 . Соответственно и магнитные потоки Φ_2 в обоих реле

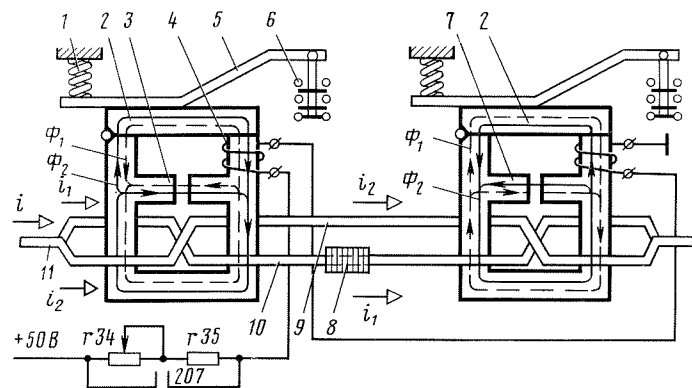


Рис. 193. Схема блока дифференциальных реле БРД

возрастают значительно быстрее, чем потоки Φ_1 . Поэтому в обоих реле появится поток, равный разности $\Phi_2 - \Phi_1$ и направленный так же, как поток Φ_2 .

В магнитопроводе реле 3 магнитный поток Φ_2 совпадает с потоком Φ от удерживающей катушки. Следовательно, результирующий поток в реле 3 будет увеличиваться и якорь реле будет притягиваться к магнитопроводу с еще большим усилием. Одновременно в магнитопроводе реле 7 магнитный поток Φ_2 направлен противоположно магнитному потоку Φ . Следовательно, результирующий поток в реле 7 будет уменьшаться и якорь под воздействием пружин отпадет от сердечника реле 7.

Если через БРД будет протекать нарастающий ток в обратном направлении—справа налево, то произойдет обратное: якорь реле 7 будет притягиваться к сердечнику с большей силой, а якорь реле 3 отпадет, т. е. сработает реле 3. Аналогичное соотношение магнитных потоков в реле будет и в случае быстро уменьшающегося тока в БРД.

Подчеркнем, что блок БРД контролирует не значение протекающего через него тока, а лишь скорость его изменения: одним реле—в одном направлении, другим реле—в другом. Блок БРД срабатывает при разности токов в силовых витках 500 А. Время срабатывания—от момента достижения током уставки до начала соприкосновения размыкающих контактов в цепи переменного тока—при скорости нарастания силового тока $1,3 \cdot 10^6$ А/с составляет 0,01 с.

Если через БРД протекает медленно возрастающий, медленно уменьшающийся или вообще неизменный ток, ни одно его реле не сработает.

При отпадании якоря любого из двух реле БРД контакты этого реле выполняют три операции: замыкают цепь отключающей катушки ГВ, размыкают цепь его удерживающей катушки (как подстраховочная мера) и замыкают цепь красной сигнальной лампы.

Блок БРД (рис. 194) содержит два реле со специальной ошниковкой. На одной из шин поставлен пакет стальных шайб 8. Каждое реле состоит из шихтованного магнитопровода 1, якоря 5, катушки 7, контактов 6. Якорь может поворачиваться на оси 4. Одним концом он производит переключение контактов. На другой его конец действует отключающая пружина, усилие которой регулируют гайкой. Реле закрыто прозрачным кожухом. Силовая шина 2 с индуктивным шунтом с помощью клиц укреплена на каркасе, который состоит из двух панелей 3, скрепленных шпильками.

На верхней панели размещены добавочные резисторы и выводы. Размыкающие и замыкающие контакты сгруппированы в одном блоке.

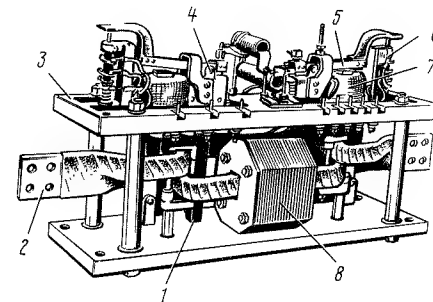


Рис. 194. Блок дифференциальных реле

Технические данные блока БРД-356, установленного на электро-
возе ВЛ80^т, следующие:

Номинальное напряжение силовой цепи	2500 В
Длительный ток силовой цепи (эффективное значение при однополупериодном выпрямлении)	1500 А
Сопротивление удерживающей катушки	3,6 Ом
Ток в цепи удерживающей катушки при напряжении 50 В	0,5—0,7 А
Масса	26 кг

На электровозах ВЛ60 ток срабатывания БРД (разность токов в шинках) составляет 350 ± 50 А.

§ 59. Выключатель быстродействующий ВБ-021

Выключатель предназначен для защиты тяговых двигателей электровоза ВЛ80^р при к. з. и перегрузках в режимах тяги и рекуперативного торможения. В выключателе происходит быстрое размагничивание магнитопровода токами аварийных режимов, в результате чего отпадает якорь с подвижным контактом, разрывающим силовую цепь. Рассмотрим его устройство по упрощенной схеме рис. 195.

Магнитопровод 15, якорь 3, рычаг 10 с подвижным контактом 11 могут поворачиваться в ограниченных пределах около оси 2. Пружина 5 стремится повернуть якорь и рычаг навстречу друг другу. Отключающая пружина 7, действующая совместно с рычагом 6 и распоркой 8, стремится оттянуть от магнитопровода якорь, который, воздействуя на рычаг, производит замыкание контактов 11 и 12. Ток через выключатель протекает от вывода «+» через дугогасительное устройство 14, неподвижный 12 и подвижной 11 контакты, рычаг 10, размагничивающий виток 4 к выводу «-». Параллельно к размагничивающему витку подключен индуктивный шунт 1, что обеспечивает ускоренное отключение выключателя при большой скорости нарастания тока.

Чтобы включить выключатель, на удерживающую катушку 17 и пусковой электромагнитный вентиль 20 подается напряжение 50 В. При этом в магнитопроводе возникает магнитный поток, направленный по часовой стрелке (показан сплошной линией). Однако электромагнитные силы недостаточны для взаимного притяжения якоря и магнитопровода. Через возбужденный вентиль 20 сжатый воздух поступает в цилиндр 18, поршень 19, перемещаясь вправо, поворачивает магнитопровод до соприкосновения с якорем. После снятия напряжения с катушки вентиля 20 магнитопровод вместе с якорем и контактным рычагом, опускаясь, поворачиваются по часовой стрелке около оси 2. При этом происходит замыкание контактов 11 и 12.

Блок-контакты 16 связаны с контактными рычагом планкой 13. Магнитный поток, вызванный током размагничивающего витка, направлен встречно магнитному потоку, создаваемому удерживающей катушкой. В рабочих режимах ток в размагничивающем витке недостаточен для размагничивания магнитопровода и якорь остается

в притянутом состоянии. В аварийных режимах ток в цепи тяговых двигателей быстро возрастает. При этом большая часть тока протекает через размагничивающий виток. Результирующий магнитный поток в якоре уменьшается, и под воздействием пружины 7 якорь отпадает и поворачивает рычаг 10 с подвижным контактом 11 до упора 9; происходит отключение выключателя. Оперативное отключение выключателя осуществляется снятием напряжения с удерживающей катушки.

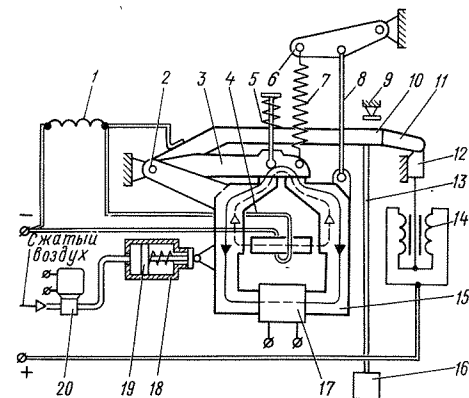


Рис. 195. Устройство быстродействующего выключателя ВБ-021

Технические данные выключателя следующие: номинальное напряжение 2000 В, длительный ток 1000 А, ток уставки 2000 ± 100 А, пределы регулирования уставки 1500—2500 А, номинальное выпрямленное напряжение удерживающей катушки и блок-контактов 50 В, ток блок-контактов 5 А, количество блок-контактов замыкающих — 2, размыкающих — 2, номинальное давление сжатого воздуха 490 кПа, собственное время отключения при начальной скорости нарастания тока 150 А/мс не более 3 мс, масса 83 кг.

§ 60. Защитные и промежуточные реле

Под реле подразумевается аппарат, который срабатывает, т. е. замыкает одни (замыкающие) и размыкает другие (размыкающие) контакты под воздействием различных факторов: при подаче напряжения на катушку (промежуточные реле), увеличении тока в цепи катушки сверх заданного значения (токовые реле), повышении и понижении контролируемой температуры относительно заданной (температурные реле), превышении частоты вращения сверх заданной (реле оборотов), после истечения определенного заданного времени (реле времени) и т. п. Реле различаются числом замыкающих и размыкающих контактов, а также током, напряжением и мощностью, на которые они рассчитаны. Все реле, применяемые на электровозах, имеют тяговое исполнение.

Реле перегрузки тяговых двигателей и вспомогательных цепей. Защита тяговых двигателей от перегрузки и перекрытий по коллектору основана на контроле значения тока и осуществляется с помощью токовых реле. Токовые реле включены в цепь тяговых двигателей, и через них протекает полный ток двигателя. При возрастании тока в цепи двигателя сверх заданного (тока уставки) реле срабатывает и своими контактами замыкает цепь катушки промежуточного реле, которое воздействует на отключающий механизм главного выключателя. На электровозах ВЛ60^к использованы реле перегрузки тяговых двигателей РТ-196, а на восьмиосных

электровозах — РТ-253, а на электровозах ЧС4 и ЧС4^Т — 20СМ1, 20СМ2, 20СМ3 и 20СМ6. Для защиты трансформаторной обмотки вспомогательных цепей на восьмиосных электровозах установлена максимальная токовая защита с реле РТ-255.

Устройство реле перегрузки весьма несложно. Его магнитопровод состоит из ярма 1 (рис. 196), сердечника 3 и якоря 4. На сердечник насажена катушка 2, через которую протекает полный ток тягового двигателя. Поэтому она выполнена из медного провода большого сечения, имеет один или два витка, а изоляция ее рассчитана на полное выпрямленное напряжение.

Сжатая пружина 8 оттягивает якорь от сердечника. В таком положении указатель 7, укрепленный на оси 6, удерживается якорем в горизонтальном положении. Чем больше ток в катушке, тем больше магнитный поток в зазоре между сердечником и якорем и тем больше сила притяжения якоря к сердечнику. Однако при всех рабочих токах, включая пусковые токи тяговых двигателей, сила натяжения пружины 8 превосходит электромагнитные силы притяжения якоря к сердечнику и якорь не притянут. Если ток в катушке превысит определенное значение — ток уставки, то вследствие возрастания магнитного потока сила притяжения якоря к сердечнику станет больше усилия пружины и реле сработает, т. е. якорь притянется.

При срабатывании реле размыкающие контакты 5 размыкаются, а замыкающие — замыкаются; указатель 7 под действием силы тяжести поворачивается на оси по часовой стрелке, занимая вертикальное положение. После прекращения аварийного тока через реле якорь под воздействием пружины возвращается в исходное положение, замыкая контакты, а указатель остается в вертикальном положении, свидетельствуя о том, что именно это реле сработало.

В качестве примера конструктивного исполнения рассмотрим реле перегрузки РТ-196 (рис. 197). Оно смонтировано на изоляционной панели 7. Катушка 2 имеет два витка из шинной меди прямоугольного сечения. Она посажена на магнитопровод, состо-

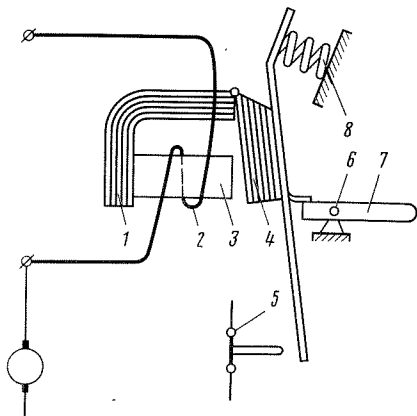


Рис. 196. Устройство реле перегрузки

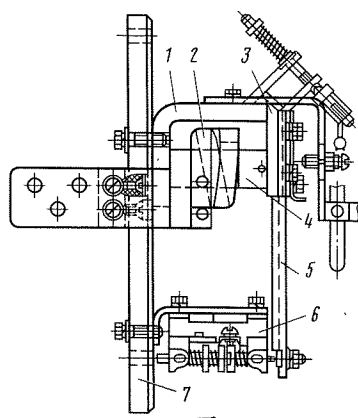


Рис. 197. Реле перегрузки РТ-196

ящий из ярма 1, сердечника 4 и якоря 3 (на рисунке он показан притянутым). Рычаг 5, прикрепленный к якорю, воздействует на шток контактной группы 6. Отключающая регулируемая пружина расположена сверху, контакты реле — внизу, а указатель срабатывания (иногда его называют семафорчик) — впереди, чтобы его хорошо было видно при осмотре.

Токовые реле РТ-253 и РТ-255 имеют несколько другую конструкцию, но работают точно так же, как реле РТ-196. Отличия заключаются в том, что реле имеют один виток 3 (рис. 198), да и тот неполный — шина коромыслом перекинута через магнитопровод. Кроме того, вместо «семафорчика» сделан блинкер 11, который выскакивает при срабатывании реле, указывая, что именно это реле сработало.

На каждом электровозе ЧС4 установлено шесть реле перегрузки — по одному на каждый двигатель, а на ЧС4^Т — двенадцать (шесть дополнительных реле используются при реостатном торможении). Принцип их действия такой же, как и на отечественных электровозах. Конструктивно они выполнены иначе.

Технические данные токовых реле, определяемые параметрами цепи тягового двигателя и цепи управления следующие:

Тип реле	РТ-196	РТ-253	РТ-255	20СМ1, 20СМ3	20СМ2	20СМ6
Напряжение номинальное, В	2000	3000	3000	1200	1200	1200
Длительно допустимый ток, А	500	1000	1000	1250	700	1250
Ток уставки, А:						
постоянный	800 ± 40	1500 ± 50	—	1800	900	1500
переменный	—	—	3500 ± 175	—	—	—

Контакты реле РТ-196, РТ-253 и РТ-255 рассчитаны на напряжение 50 В и ток 3 А, а реле 20СМ1, 20СМ2, 20СМ3 и 20СМ6 — на напряжение 48 В и ток 6 А.

Реле заземления. На восьмиосных электровозах в качестве реле заземления используют РЗ-303, которое по конструкции и габаритам аналогично промежуточному реле (см. с. 224). Реле заземления имеет указатель срабатывания для того, чтобы после внезапного отключения главного выключателя можно было установить, какая защита

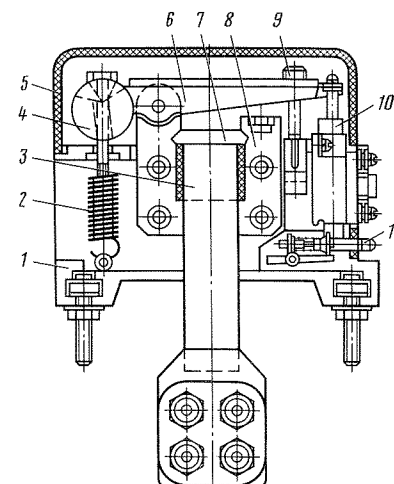


Рис. 198. Реле перегрузки РТ-253, РТ-255:

1 — боковина; 2 — пружина отключающая; 3 — виток; 4 — противовес; 5 — кожух; 6 — якорь; 7 — клин; 8 — ярмо; 9 — винт регулировочный; 10 — контакты; 11 — блинкер

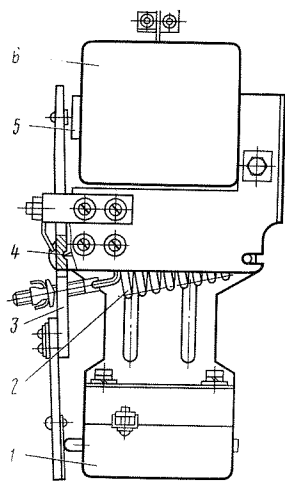


Рис. 199. Реле боксования РБ-469

сработала. Кроме того, катушка реле содержит две обмотки: включающую и удерживающую якорь в притянутом положении. При нормальной работе электровоза, когда изоляция силовых цепей нигде не нарушена, по включающей обмотке ток не проходит и магнитный поток создается только одной удерживающей катушкой. Этот поток настолько мал, что сила притяжения якоря к сердечнику меньше силы отключающей пружины, и реле не срабатывает. При нарушении изоляции какой-либо точки силовой цепи и уменьшении сопротивления изоляции в рабочей катушке появляется ток, а в магнитопроводе — соответствующий магнитный поток, который суммируется с магнитным потоком от удерживающей катушки. Суммарный магнитный поток создает силу притяжения якоря к сердечнику, превосходящую усилие пружины. Якорь притягивается — реле срабатывает, происходит переключение контактов, сигнализатор поворачивается и занимает вертикальное положение. После отключения главного выключателя ток перестает проходить по рабочей катушке, однако якорь остается притянутым благодаря тому, что магнитный поток удерживающей катушки способен удержать якорь в притянутом положении.

Сигнализатор может быть восстановлен (поставлен в горизонтальное положение) только вручную при опущенных токоприемниках.

На электровозах ВЛ60* в качестве реле заземления используется реле РЗ-182. Оно конструктивно отличается от реле РЗ-303, но имеет аналогичный принцип действия.

Реле заземления РЗ-303 и РЗ-182 срабатывают при токе включающей катушки соответственно 0,14—0,19 и 0,22 А. Номинальное напряжение удерживающей катушки и контактов 50 В. Контакты реле могут разрывать постоянный ток до 10 А. Масса реле составляет 2,3 и 4,1 кг соответственно.

Реле боксования. Несмотря на лучшие тяговые качества электровозов переменного тока, при ведении полновесных поездов на подъемах, когда электровоз развивает большую силу тяги, все же происходит проскальзывание колес — так называемое боксование. При неблагоприятных условиях боксование может быть интенсивным. Наиболее интенсивное боксование разгруженных осей и осей с большим прокатом бандажей наблюдается на замасленных рельсах, во время дождя или снегопада. Тогда приходится принимать меры к прекращению боксования, которые сводятся главным образом к подаче под колеса песка и в крайних случаях к уменьшению вращающего момента двигателей.

На грузовых электровозах переменного тока предусмотрено автоматическое устройство, которое в случае возникновения боксования какой-либо оси обеспечивает подачу песка под колеса и таким образом способствует восстановлению нормального тягового режи-

ма. Во время боксования ток тягового двигателя боксующей оси уменьшается. Чем интенсивнее боксование, тем больше уменьшение тока и больше изменение потенциалов в цепи боксующего тягового двигателя.

Главным элементом такого устройства является реле боксования. Реле включается между равнопотенциальными точками цепи двух включенных двигателей. Оно срабатывает, когда напряжение на его обмотке превышает заданное, характеризующее интенсивность боксования. Таким образом, оно работает как реле максимального напряжения. Реле боксования должно быть достаточно быстродействующим, чтобы быстро обеспечить подачу песка и прекратить боксование в начальной стадии, а также достаточно чувствительным, ибо оно включено на точки силовой цепи, имеющие примерно одинаковые потенциалы, разность которых даже при боксовании невелика.

В качестве такого реле на отечественных электровозах сначала применяли реле РБ-192, а затем стали устанавливать более совершенные реле РБ-469 (рис. 199). По принципу действия — это промежуточное реле (см. с. 224). Его магнитопровод состоит из шихтованного ярма 5, на которое насажена катушка 6, и якоря 3. Якорь может в ограниченных пределах поворачиваться на призме 4, но натянутая пружина 2 (от ее натяжения зависит напряжение, при котором реле срабатывает), стремящаяся повернуть якорь против часовой стрелки, держит его в отключенном положении. В хвостовик якоря под действием внутренних пружин, установленных внутри корпуса 1, упирается шток, с которым механически связаны контакты.

Если напряжение превысит 2 В (что соответствует току 0,5 А), реле сработает, якорь повернется по часовой стрелке; хвостовик, отходя от штока, позволит якорю под действием внутренних пружин переместиться влево и замкнуть контакты реле.

Изоляция реле боксования РБ-469 выполнена на напряжение 2000 В. Реле срабатывает при токе 0,5 А, имеет один замыкающий контакт, допускающий ток 35 А. Коэффициент возврата реле 0,3.

Реле оборотов. При пуске расцепителей фаз на электровозах используют резистор, временно включаемый в цепь одной из фаз. Резистор должен оставаться включенным до тех пор, пока частота вращения машины не составит примерно 1500 об/мин, после чего он автоматически контактором отключается. Включать асинхронные двигатели, используемые в качестве привода вспомогательных машин, при неработающем или медленно вращающемся (например, при запуске) расцепителе фаз нельзя — это может привести к повреждению машин. Указанные обстоятельства определяют необходимость контроля частоты вращения расцепителя фаз, что осуществляется реле оборотов.

На примере реле РО-33, установленного на восьмиосных электровозах, рассмотрим его устройство и работу.

Вал 2 реле оборотов РО-33 (рис. 200) может вращаться в роликовых подшипниках 3. На одном конце вала укреплен вилка 1, предназначенная для соединения с валом расцепителя фаз, а на другом смонтирован центробежный механизм 4 с шарнирно соединенными рычагами 6. В центробежный механизм помещен упорный подшипник 5, также шарнирно соединенный с рычагами, который

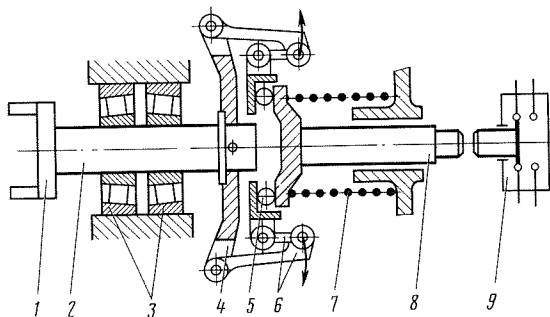


Рис. 200. Реле оборотов РО-33

может перемещаться в горизонтальном направлении. На подшипник 5 под воздействием сжатой пружины 7 опирается шток 8. Контакты 9 реле, выполненные с «мгновенным» переключением (с фиксацией в обоих положениях), помещены в отдельный блок и переключаются при нажатии штока 8 на их привод. При вращении вала 2 реле рычаги под действием центробежных сил отклоняются от оси вращения (как показано на рисунке стрелками) и, преодолевая усилие пружины 7, перемещают упорный подшипник вместе со штоком 8 вправо. Когда частота вращения достигает уставки, шток 8 переключает контакты: один контакт размыкается, а другой замыкается. После выключения расщепителя фаз, когда его скорость уменьшается до 1100 об/мин, пружина 7 возвращает шток в левое положение, и контакты под действием внутренней пружины занимают исходное положение.

Характеристика реле оборотов РО-33 обеспечивает включение реле при частоте вращения 1350 об/мин, а отключение при 1100 об/мин. Его контакты могут производить переключения в цепях с напряжением 110 В и током до 5 А. Масса реле 7,2 кг.

Промежуточные реле. Эти реле применяют в случаях, когда при срабатывании защиты или в процессе какой-либо операции управления (например, при нажатии кнопки) нужно произвести переключения сразу в нескольких независимых (не связанных электрически) цепях электровоза. Иногда промежуточное реле используют как дистанционный выключатель, так как по принципу действия оно похоже на электромагнитный контактор: при подаче напряжения на катушку якорь притягивается к сердечнику, замыкающие контакты замыкаются, а размыкающие — размыкаются. Хотя принцип работы и устройство всех промежуточных реле примерно одинаковы, конструкция их может быть различной.

У реле РП-272—291 (рис. 201), которые широко используются в цепях управления электровозов, на изоляционной панели 1 укреплены контактная группа 2 и электромагнитная часть реле: магнитопровод 6, якорь 7 и сердечник, на который насажена катушка 9. Якорь может поворачиваться в небольших пределах около точки 0. Однако пружина 3, натяжение которой регулируют гайкой 5, постоянно стремится повернуть его по часовой стрелке до соприкосновения с упором 8. Хвостовик 4 якоря отжимает шток контактной группы в

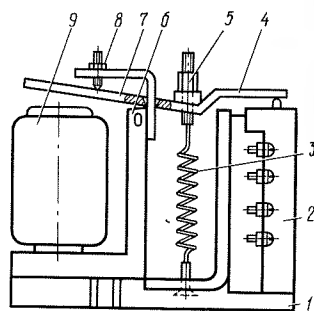


Рис. 201. Промежуточное реле РП-272—291

крайнее нижнее положение. Если на катушку подать напряжение, то появится магнитный поток, обеспечивающий притяжение якоря к сердечнику. Якорь, преодолевая действие пружины, притянется к сердечнику, т. е. повернется против часовой стрелки. Шток контактной группы под действием пружины (на рисунке не показана) приподнимется и произведет переключение контактов: замыкающие замкнутся, а размыкающие разомкнутся.

В таком состоянии (возбужденном) реле будет находиться все время, пока подано напряжение на его катушку.

Контакты реле — мостикового типа, с серебряными контактными накладками. Они сгруппированы в отдельный самостоятельный узел и защищены от попадания пыли и грязи прозрачным кожухом. Реле РП-272—291 имеют различное число замыкающих и размыкающих контактов. Контакты реле рассчитаны на напряжение 50 В постоянного и 380 В переменного тока, а катушка — на 50 В постоянного тока. Предельно допустимый по нагреву ток контактов 35 А, а ток отключения при напряжении 50 В равен 10 А.

Реле времени. В системах защиты и автоматики в некоторых случаях необходимо обеспечивать определенные выдержки времени перед последующей операцией. Это возможно осуществить с помощью реле времени. На отечественных электровозах реле времени применяют в системе контроля хода кулачкового вала переключателя ступеней, при импульсной подаче песка и в других случаях.

Реле времени устроено и работает так же, как промежуточное, с тем отличием, что притягивание якоря к сердечнику и отрыв его с соответствующим переключением контактов происходят не сразу после подачи и снятия напряжения с катушки реле, а с некоторой задержкой — с выдержкой времени. Это обеспечивается медными гильзами, установленными на магнитопроводе (в катушке и на ярме). Алюминиевое основание реле также является короткозамкнутым витком, увеличивающим выдержку времени реле при отключении.

При фиксированных положениях реле (включенном и отключенном) медные гильзы не оказывают никакого действия. Действие их проявляется после подачи или снятия напряжения с катушки. Например, реле находилось под напряжением, якорь его был притянут. Затем напряжение сняли, при этом ток в катушке реле прекратится сразу в момент разрыва цепи катушки и начнет уменьшаться магнитный поток. Уменьшение магнитного потока вызовет в медных гильзах э. д. с., под действием которых в них возникают токи, поддерживающие магнитный поток. В результате этого после снятия напряжения и прекращения тока в катушке реле магнитный поток благодаря наличию медных гильз может существовать продолжительное время (до нескольких секунд) и удерживать якорь притянутым.

Аналогичное действие оказывают медные гильзы и при подаче напряжения на катушку реле. Только в этом случае в медных гильзах наводятся токи, которые, наоборот, задерживают появление и возрастание магнитного потока в сердечнике. В результате задерживается притягивание якоря к сердечнику. Чем больше площадь сечения гильз, тем большие токи в них индуцируются и тем больше выдержка времени. Выдержка времени реле зависит также от натяжения отключающей пружины и от зазора между

сердечником и якорем. Выдержку времени реле обычно регулируют натяжением отключающей пружины и воздушным зазором. По устройству, конструкции, габаритам они очень близки к промежуточным реле. В отличие от промежуточных в реле времени имеются медные гильзы и диаманитная прокладка между сердечником и якорем.

§ 61. Аппараты защиты вспомогательных цепей

Во вспомогательных цепях электровозов переменного тока установлены устройства контроля изоляции цепей на корпус (на землю), защита от перегрузок и защита от перегрузок и коротких замыканий. В первых главную роль выполняет реле контроля изоляции, или, как его иногда называют, реле контроля земли. Его обозначают на электрической схеме РКЗ. В защите от перегрузок основными элементами являются тепловые реле, а в защите от коротких замыканий — предохранители. Рассмотрим коротко особенности этих аппаратов.

Реле контроля земли представляет собой обычное промежуточное реле. Оно отличается лишь изоляцией и обмоточными данными катушки, работающей в цепях выпрямленного тока с напряжением до 380 В, а не постоянного тока 50 В, на которое рассчитано промежуточное реле. Ток катушки, при котором реле срабатывает, равен 0,07 А. Реле имеет два замыкающих контакта, рассчитанных на напряжение 50 В постоянного тока и отключаемый ток 5 А.

Тепловые реле. Защиту вспомогательных машин от перегрузок осуществляют с помощью тепловых реле, которые устанавливают в цепях двигателей компрессоров, вентиляторов, расщепителей фаз и насосов последовательно с контакторами. Если через контролируемую цепь протекает большой ток в течение некоторого времени (вследствие либо короткого замыкания в обмотке двигателя, либо затянувшегося пуска двигателя), то тепловое реле разомкнет цепь катушки электромагнитного контактора и он отключит двигатель от источника питания.

Реле типа ТРТ собрано в пластмассовом корпусе 15 (рис. 202). Основной его частью является термобиметаллическая пластина 16.

Известно, что при прохождении тока в проводниках выделяется тепло, вследствие чего размеры их увеличиваются. Термобиметаллические пластины выполняют из двух металлов, размеры которых при одинаковом изменении температуры изменяются по-разному. Такие пластины, будучи скреплены, при нагревании выгибаются и осуществляют замыкание или размыкание контактов реле. В реле ТРТ термобиметаллические пластины 16 имеют U-образную форму и посажены на ось 2 стойки 1. На первый конец пластины опирается цилиндрическая витая пружина 14, которая в зависимости от температуры пластины поворачивает колодку 9. На колодке укреплен контакторный мостик 12, замыкающий неподвижные контакты 11, соединенные с зажимами 13. Реле имеет входы 4, подключаемые к контролируемой цепи.

Ток срабатывания регулируют механизмом, состоящим из ролика 3, поводка 5, эксцентрика 6, пружины 7 и сектора уставки 8. Этим механизмом изменяют положение пластины 16. Если через пластину

16 проходит большой ток, достаточный для ее нагрева, правый конец пластины отклоняется вправо, колодка поворачивается по часовой стрелке, мостик отходит от контактов и разрывается цепь катушки соответствующего контактора. После остывания пластины 16 колодка с контактным мостиком возвращается в исходное положение, т. е. реле самовосстанавливается. Для принудительного восстановления реле служит кнопка 10.

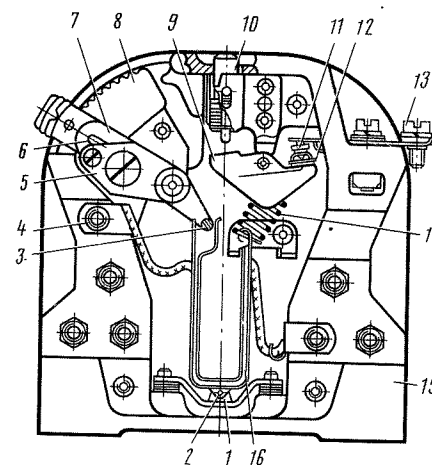


Рис. 202. Тепловое реле ТРТ

На отечественных электровозах используют реле ТРТ-121, ТРТ-141, ТРТ-151. Они рассчитаны на напряжение 500 В и отличаются номинальным током — 9, 110 и 155 А соответственно. Уставка тепловых реле нестабильна — она изменяется с изменением температуры окружающего воздуха. При увеличении температуры на 10° С уставка реле уменьшается примерно на 3,5%. Время срабатывания (от 3 до 80 с) зависит от соотношения протекающего тока и уставки, а также от типа реле. Реле с большим номинальным током имеет большее время срабатывания.

Предохранители. Для защиты однофазных вспомогательных цепей от перегрузок и коротких замыканий используют плавкие предохранители. Предохранитель последовательно включают в контролируемую цепь. В случае увеличения тока в цепи сверх установленного значения плавкая вставка перегорает и цепь в этом месте размыкается. Чем больше напряжение, на которое рассчитан предохранитель, тем больше расстояние между держателями плавкой вставки, необходимое для обеспечения надежного и быстрого гашения дуги. Чем больше рабочий ток контролируемой цепи, тем больше должна быть площадь сечения плавкой вставки. Площадь сечения должна быть точно рассчитана с учетом условий ее охлаждения, чтобы плавкая вставка перегорала точно при заданном токе. Очевидно, что установка в предохранители некалиброванных вставок — проволочек, «жучков» — недопустима.

Во вспомогательных цепях электровоза ВЛ80^т, которые характеризуются небольшими токами (до 3 А), устанавливают предохранители ПК-45. В цепях с большими токами используют предохранители ПР-2. Эти стандартные предохранители имеют простую конструкцию, и пояснять ее не требуется.

§ 62. Помехоподавляющие устройства

В цепях электровозов переменного тока протекают токи, содержащие высокочастотные гармоники, которые могут создавать помехи радиоприему. Чтобы снизить уровень радиопомех, на электро-

зах устанавливают устройства: дроссель помехоподавляющий и фильтр. Эти устройства создают наибольшие сопротивления для составляющих тока, которые могут помешать радиоприему. Они уменьшают (подавляют) составляющие до безвредных для радиоприема значений.

Дроссель представляет собой катушку, выполненную из медного провода ПМТ прямоугольного сечения 20×3 мм. Катушка включается в цепь пантографов электровоза. Изоляция ее, как и всей цепи, рассчитана на напряжение 25 кВ. Установлена катушка на опорном изоляторе. Длительно допустимый ток через катушку составляет 400 А, индуктивность 206 ± 10 мкГн, омическое сопротивление 0,0675 Ом.

Фильтр, предназначенный для узкополосной защиты поездной радиосвязи от помех, создаваемых силовыми цепями, включается в цепь первичной обмотки тягового трансформатора. Он состоит из дросселя и двух конденсаторов, включенных параллельно дросселю. Один конденсатор имеет постоянную емкость, второй — переменную, что позволяет настраивать фильтр на резонанс токов при частоте 2,13 МГц, на которой работает поездная радиосвязь. Таким образом отстраиваются от помех, идущих из электровоза в контактную сеть.

Катушка и два конденсатора фильтра установлены на гетинаксовом основании, которое закреплено на опорном изоляторе на 25 кВ. Катушка выполнена из медной ленты ЛММ сечением $2,63 \times 28$ мм.

Фильтр рассчитан на длительный ток 220 А, индуктивность его 7,5 мкГн, емкость постоянная 620 пФ, емкость регулируемая 25—150 пФ, резонансное сопротивление настроенного контура не менее 12 кОм. Охлаждение фильтра естественное, воздушное.

§ 63. Контроллер машиниста

В процессе ведения поезда электровоз работает и в режиме тяги, и в режиме торможения, и на выбеге. Силу тяги и силу торможения машинист может регулировать вручную либо это осуществляется автоматически по заданным параметрам. Аппараты, которые используются для регулирования работы преобразовательных установок и тяговых двигателей — блоки управления, переключатели ступеней, реверсор, контакторы, переключатели и др. имеют дистанционное управление. Цепи управления выведены в кабину машиниста к пульту и в основном к контроллеру машиниста. Контроллер машиниста предназначен для управления аппаратами силовой цепи в режиме тяги и электрического торможения. Машинист с помощью контроллера устанавливает направление движения, увеличивает силу тяги, осуществляя набор позиций, или уменьшает силу тяги, производя сброс позиций (причем он может это делать опять же с помощью контроллера, либо по одной позиции, либо автоматически до любой выбранной им позиции), а на электровозах с электрическим торможением задает режим торможения для остановки поезда или для поддержания определенной скорости.

Контроллер машиниста состоит из низковольтных аппаратов — в основном кулачковых переключателей. На контроллерах, предназначенных для электровозов без электрического торможения, имеются два переключателя, а с торможением — три и некоторое дополнительное оборудование. Каждый переключатель состоит из кулачкового вала, на верхнем конце которого установлена рукоятка, и кулачковых контактных элементов (контакторов). Переводя рукоятки контроллера из одного положения в другое, машинист меняет режим ведения поезда. Каждой кулачковой шайбе, посаженной на вал, соответствует определенный кулачковый контактор.

Контроллер установлен в кабине таким образом, что рукоятки его находятся у машиниста под левой рукой; у правой руки машиниста расположены рукоятки и кнопки управления пневматическими тормозами электровоза и поезда.

Контроллеры машиниста электровозов ВЛ60^к и ВЛ80^к различаются незначительно. Контроллеры электровозов ВЛ80^т и ВЛ80^р соответственно с реостатным и рекуперативным торможением имеют тормозной переключатель и дополнительное специальное оборудование.

Контроллер машиниста КМЭ-70 электровоза ВЛ80^т состоит из следующих основных узлов: главного кулачкового переключателя 2 (рис. 203), реверсивного переключателя 4, тормозного переключателя 7, механической блокировки, переключателя тормозной силы и сельсина, являющегося датчиком напряжения для системы регулиро-

вания реостатного напряжения. Узлы контроллера машиниста смонтированы в каркасе, представляющем собой два основания—верхнее 1 и нижнее 5, жестко соединенных рейками 3 и 6.

При постановке рукоятки в ту или другую позицию происходит замыкание одних и размыкание других контакторов в соответствии с диаграммой замыканий, показанной на рис. 204. Позиции рукоятки 3 (рис. 205) главного переключателя, рукоятки 4 реверсивного и рукоятки 2 тормозного переключателя указаны на шкалах, укрепленных на контроллере. Расположение позиций неслучайно. Оно имеет определенный логический смысл и закономерность. Любое изменение позиций (например, перестановка местами РП и АП) исключило бы возможность управления электровозом.

Главный переключатель контроллера служит для управления тяговым режимом электровоза. Он имеет следующие позиции: 0—нулевая; АВ—автоматическое выключение; РВ—ручное выключение; ФВ—фиксация выключения; ФП—фиксация пуска; РП—ручной пуск; АП—автоматический пуск; БВ—быстрое выключение. Позиции АП и БВ не фиксированные, с самовозвратом рукоятки. Остальные позиции—фиксированные.

Кулачковый вал реверсивного переключателя установлен соосно с валом главного переключателя. Реверсивный переключатель служит для управления реверсорами, осуществляющими изменение

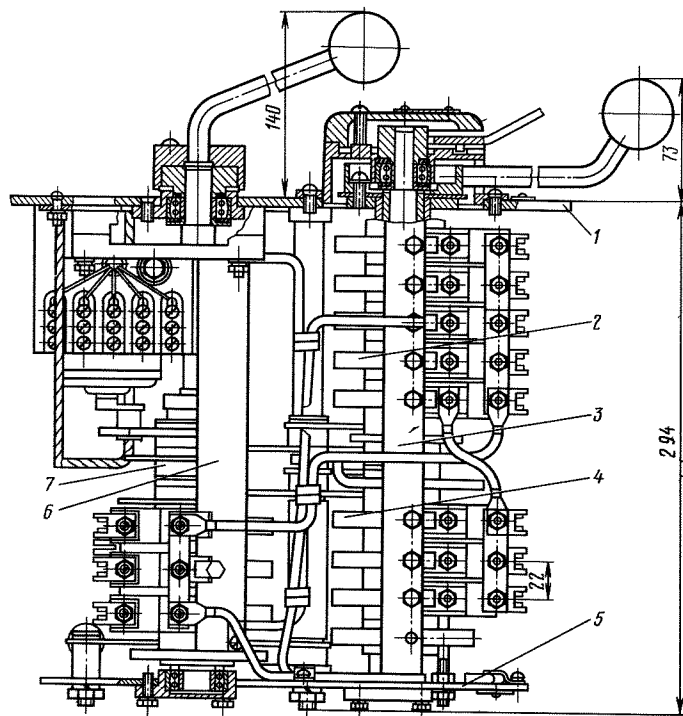


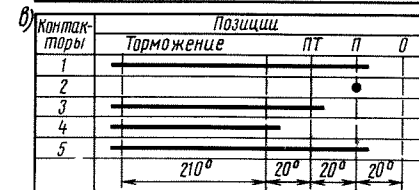
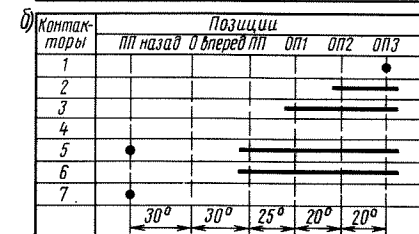
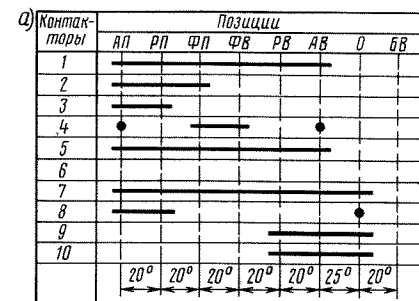
Рис. 203. Общий вид контроллера машиниста КМЭ-70

направления движения (вперед или назад), а также для регулирования ослабления возбуждения тяговых двигателей. Он имеет следующие фиксированные позиции: 0—нулевая, ПП—вперед; ОП1, ОП2, ОП3 (соответственно 1, 2 и 3-я ступени ослабления возбуждения); ПП—назад. Все позиции реверсивного переключателя—фиксированные.

Тормозной переключатель предназначен для управления электровозом в режиме реостатного торможения и для плавного регулирования тока возбуждения двигателей, работающих при этом в генераторном режиме. Позиции тормозного переключателя: 0—нулевая (на рисунке она над рукояткой); П—подготовка цепей к торможению; ПТ—предварительное торможение с тормозной силой до 120 кН; Торможение. Позиции 0, П, ПТ и крайние положения зоны Торможение фиксированные. Остальные позиции зоны Торможение нефиксированные. На валу тормозного переключателя, кроме кулачковых, установлена профильная шайба, с помощью которой производится поворот ротора сельсина. Поворот рукоятки по часовой стрелке от позиции ПТ до крайнего положения зоны торможения вызывает плавное уменьшение выходного напряжения сельсина от 24 В до нуля. На верхнем основании контроллера установлен переключатель тормозной силы ПТС (см. рис. 205, рукоятка 1). Положение его рукоятки определяет тормозную силу электровоза. Для предотвращения ошибочных действий машиниста все три групповых переключателя контроллера заблокированы специальными дисками, рычагами и пружинами. Это обеспечивает перемещения:

- главной рукоятки, если реверсивная не находится на позиции 0 и тормозная установлена в положение 0;
- тормозной рукоятки, если реверсивная находится в положении ПП и главная установлена в положение 0;
- реверсивной рукоятки в положения ОП1, ОП2, ОП3, если тормозная находится в положении 0;
- реверсивной рукоятки в положение 0 при нахождении главной и тормозной рукояток в положении 0.

Перемещения главной и тормозной рукояток невозможны, если реверсивная рукоятка находится в положении 0.



● } Контакты замкнуты

Рис. 204. Диаграмма замыканий контакторов главного вала (а), реверсивного (б) и тормозного (в) валов контроллера КМЭ

Устройство кулачковых контакторных элементов на всех контроллерах примерно одинаково, но конструктивное исполнение различное. Для примера рассмотрим кулачковый контактор КЭ-153. На изоляционном основании 2 (рис. 206) укреплен рычаг 6, который может поворачиваться на оси 7 в ограниченных пределах. На одном его конце укреплен подвижной контакт 4, а на другом — ролик 8.

Рычаг отжимается пружиной 9 в сторону замыкания подвижного контакта 4 с неподвижным 3. Подвижной контакт замыкается с неподвижным с притиранием благодаря упругости специально выбранной конструкции держателя 5 подвижного контакта. Латунные выводы 1 контактов закреплены на основании контактора. Контакты контактора нормально замкнуты. Если под ролик 8 подходит выступающая часть кулачковой шайбы — он отжимается, рычаг поворачивается и контакты размыкаются. Все контактные поверхности обычно посеребрены.

В контроллере машиниста на электровозах ВЛ80^к и ВЛ60^к в отличие от контроллера КМЭ-70 отсутствует тормозной переключатель и переключатель тормозной силы.

Контроллер КМЭ-80, установленный на электровозе ВЛ80^р, как и все контроллеры, предназначен для дистанционного управления электровозом в режимах тяги и рекуперативного торможения. Он состоит из трех групповых кулачковых переключателей: главного 1

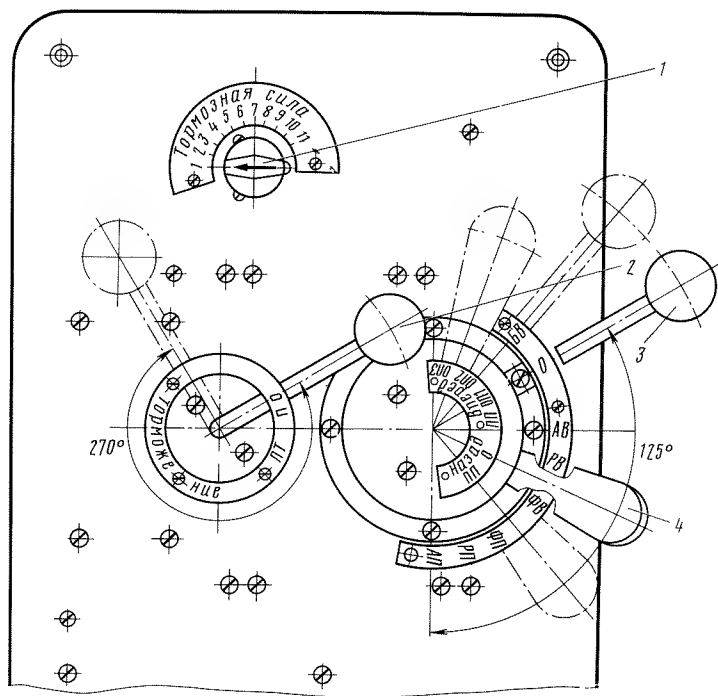


Рис. 205. Вид сверху контроллера машиниста КМЭ-70

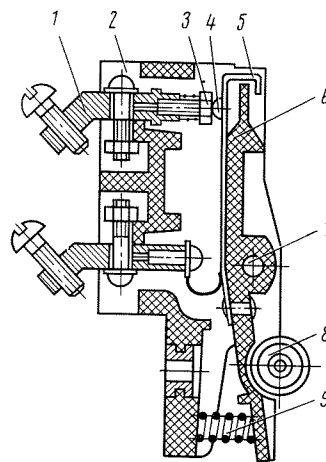


Рис. 206. Контактор кулачковый КЭ-153

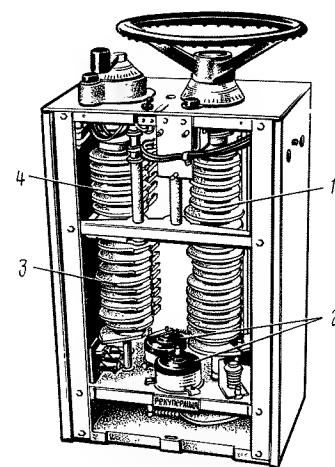


Рис. 207. Общий вид контроллера КМЭ-80

(рис. 207) со штурвалом, тормозного 3 и реверсивного 4 со съемной рукояткой. Каждый из трех переключателей имеет групповой кулачковый вал, который машинист может поворачивать штурвалом и рукоятками, и набор кулачковых контакторных элементов. Кроме того, на валу главного переключателя установлены две профильные шайбы, которые через рычаги связаны с сельсинами *Тяга* и *Рекуперация* (поз. 2 на рис. 207). На валу тормозного переключателя тоже установлена профильная шайба, которая через рычаг связана с сельсином *Возбуждение*.

Главный переключатель со штурвалом 4 (рис. 208) предназначен для управления электровозом в тяговом режиме и в режиме рекуперативного торможения с плавным регулированием. Он имеет следующие позиции: 0 — нулевая; ПО — подготовка к работе схемы управления выпрямительно-инверторного преобразователя (ВИП); НР — начало регулирования; П1, П2, П3, П4 — соответственно четыре зоны регулирования; БВ — быстрое выключение. Позиции 0 и ПО — фиксированные, остальные — нефиксированные, а позиция БВ — нефиксированная с самовозвратом рукоятки. Шкала 1, на которой указаны позиции главного переключателя, вращается вместе со штурвалом и имеет подсветку 2 с выключателем 5. Колпак подсветки является указателем позиций главного переключателя. При переводе штурвала с одной фиксированной позиции на другую осуществляются переключения контакторных элементов. На нефиксированных позициях происходит поворот роторов сельсинов и изменение (регулирование) их выходного напряжения. При повороте штурвала от позиции НР против часовой стрелки до позиции П4 напряжение на выходе сельсина *Тяга* увеличивается от 0,7 до 45 В, а напряжение сельсина «рекуперация» уменьшается от 45 до 5 В. Изменением выходного напряжения сельсинов регулируется подача импульсов на плечи ВИП, и таким путем устанавливается нужный режим работы электровоза.

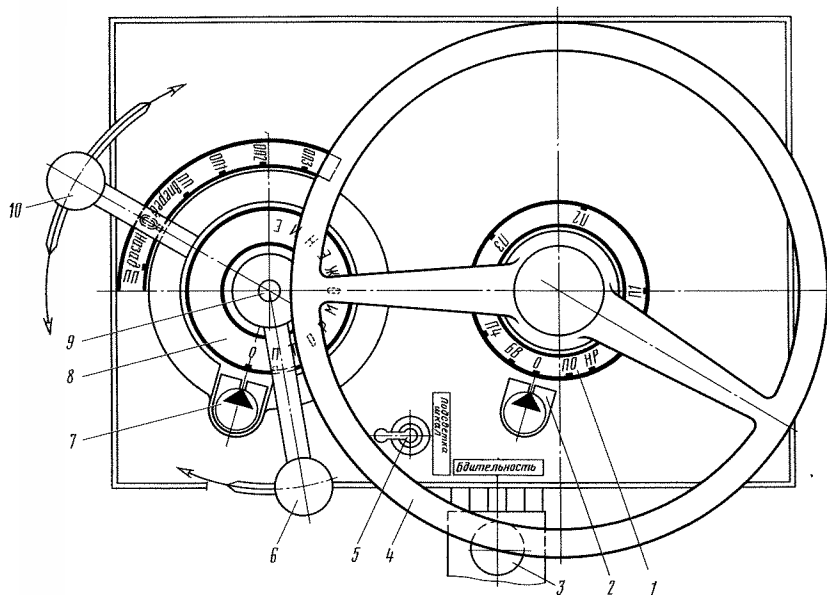


Рис. 208. Вид сверху контроллера машиниста КМЭ-80

Тормозной переключатель с рукояткой 6 служит для перевода устройств управления на режим рекуперативного торможения и для плавного регулирования тока обмоток возбуждения двигателей в этом режиме. Этот переключатель имеет следующие позиции: 0—нулевая; П—подготовка силовой схемы; Торможение. Позиции 0 и П—фиксированные, позиции зоны Торможение—нефиксированные. На валу тормозного переключателя также установлена профильная шайба, которая рычагом связана с сельсином Возбуждения.

Шкала 8, на которой указаны позиции тормозного переключателя, вращается вместе с рукояткой 6 и имеет подсветку 7. Колпачок подсветки является указателем позиции тормозного переключателя. При переводе вала с одной фиксированной позиции на другую происходят переключения контакторных элементов. Поворот рукоятки в зоне Торможение вызывает плавное увеличение напряжения на выходе сельсина Возбуждения от 3 до 33 В, что приводит к возрастанию тока возбуждения тяговых двигателей.

Реверсивный переключатель со съемной рукояткой 10 служит для управления реверсорами, а также для регулирования ослабления возбуждения тяговых двигателей в тяговом режиме. Вал переключателя установлен соосно (ось 9) с валом тормозного переключателя. Рукоятка реверсивного переключателя расположена ниже рукоятки тормозного переключателя, чтобы перемещение одной не мешало перемещению другой. На контроллере установлена рукоятка 3 устройства бдительности.

Для исключения ошибочных действий машиниста все три переключателя заблокированы механической блокировкой, которая состоит

из дисков, установленных на каждом кулачковом валу, рычагов и пружин. Механическая блокировка обеспечивает возможность следующих перемещений рукояток:

реверсивной рукоятки из положения 0 в любое рабочее только при нулевых положениях штурвала и тормозной рукоятки;

тормозной рукоятки из положения 0 только при нахождении реверсивной рукоятки в положении ПП (Вперед или Назад) и штурвала в любом рабочем положении, кроме 0;

штурвала в любое рабочее положение при нахождении реверсивной рукоятки в любой позиции, кроме 0, и тормозной рукоятки в положении 0;

реверсивной рукоятки из положения ПП в положения ОП1, ОП2, ОП3 при нахождении тормозной рукоятки в положении 0 и штурвала в любом положении.

Поворот штурвала из положения ПО в положения 0 и БВ невозможен при нахождении тормозной рукоятки в зоне торможения.

Кулачковые контакторные элементы контроллеров рассчитаны на напряжение 50—110 В постоянного тока 15—30 А. Установленные в контроллерах сельсины имеют номинальное напряжение 110 В переменного тока с частотой 50 Гц. Рукоятка бдительности РБ-62 с двумя замыкающими и двумя размыкающими контактами рассчитана на напряжение 50 В и ток 2 А.

Контроллеры, установленные на электровозах ЧС4 и ЧС4^г, выполняют такие же функции, как и контроллеры машинистов, рассмотренные выше, но имеют другое конструктивное исполнение. Контроллер 21KR1 (электровоза ЧС4) не существенно отличается от 21KR2 (электровозов ЧС4 последних выпусков и ЧС4^г).

Контроллер машиниста имеет три кулачковых переключателя: главный, реверсивный и переключатель ослабления возбуждения. Главный переключатель, управляющий переключателем ступеней, имеет четыре кулачковых контактора, а переключатель ослабления возбуждения—три. Управляют ими одним общим штурвалом, который может быть установлен в два положения—верхнее и нижнее. Когда он в верхнем положении, осуществляется управление переключателем ступеней. При этом штурвал имеет пять позиций: Х—фиксация позиции переключателя ступеней, она же нулевая; +1 и -1—набор и сброс по одной позиции; «+» и «-»—автоматический набор и автоматический сброс позиций. Позиции Х и «-» являются фиксированными, а остальные три—с самовозвратом рукоятки. В нижнем положении штурвалом регулируют режим ослабления возбуждения тяговых двигателей. Здесь предусмотрено шесть фиксированных позиций: Х—ходовая, полное поле; I—V—позиции ослабления возбуждения.

Реверсивный переключатель со съемной рукояткой имеет пять кулачковых контакторов. Он может занимать три фиксированные позиции: ХВп—движение вперед; 0—нулевая; ХНз—движение назад. С целью исключения возможности неправильных действий машиниста реверсивная рукоятка и штурвал с помощью рычагов, дисков и пружин заблокированы. Кулачковые контакторы контроллеров 21KR1 и 21KR2 рассчитаны на номинальное напряжение 48 В и ток 6 А. Масса контроллера 42 кг.

§ 64. Блокировочный переключатель. Переключатель режимов

На электровозах широко используются многоэлементные многопозиционные переключатели, которые позволяют осуществить необходимую взаимозависимость и очередность выполняемых операций в электрических цепях. К таким переключателям относятся блокировочный переключатель, переключатель режимов и др.

На электровозе ВЛ80^т при переходе из режима тяги в режим реостатного торможения и наоборот необходимо производить одновременно большое число переключений в цепях управления и сигнализации. С этой целью применяют **блокировочный переключатель**, который представляет собой комплект из необходимого числа контактных кулачковых элементов 5 (рис. 209), имеющих общий кулачковый вал с электропневматическим приводом.

Переключатель собран на раме, состоящей из двух боковин 3 и 6, скрепленных рейками 4. К одной из боковин прикреплен привод, имеющий два электромагнитных пневматических вентиля 2, цилиндры с поршнями, жестко соединенными штоком с зубчатой рейкой, с которой шестерня 1, насаженная на кулачковый вал, находится в постоянном зацеплении. Если возбудить один из вентилях, то сжатый воздух поступит под соответствующий поршень. Тогда поршни и шток, перемещаясь, повернут шестерню с кулачковым валом в одно из двух фиксированных положений. При возбуждении другого вентиля кулачковый вал переключателя повернется в другое положение.

Блокировочный переключатель БП-149 имеет две фиксированные позиции. Номинальное напряжение переключателя 380 В, номинальный ток 30 А, номинальное давление сжатого воздуха 490 кПа.

При неисправности одной секции восьмиосного электровоза предусматривается возможность вывода ее из работы путем соответствующих переключений в электрических цепях и продолжение ведения поезда исправной секцией. Для переключений в цепях управления при переходе на работу одной секцией предназначен **переключатель режимов**. Это тоже кулачковый двухпозиционный переключатель. Он состоит из набора кулачковых контакторов, кулачкового вала и фиксирующего механизма. Кулачковый вал поворачивают вручную с помощью укрепленной на нем рукоятки. Переключатель режимов ПР-103 с двумя фиксированными позициями рассчитан на напряжение 50 В, ток 30 А; его масса 6,5 кг.

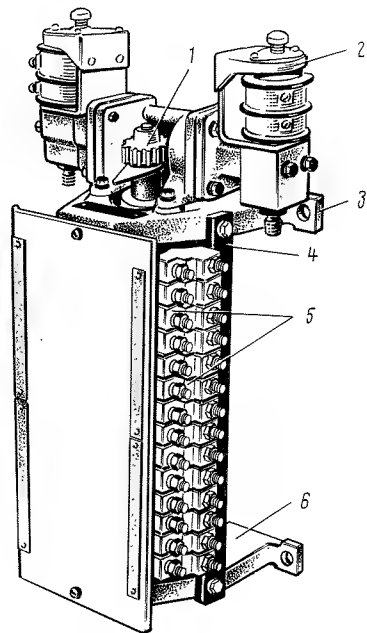


Рис. 209. Переключатель блокировочный БП

§ 65. Электропневматические вентили и клапаны

Многие аппараты электровозов переменного тока имеют пневматический привод, который действует при подаче сжатого воздуха в его цилиндр. Доступ сжатому воздуху из резервуара в цилиндры приводов аппаратов и из этих цилиндров в атмосферу открывают и закрывают пневматические клапаны. Управление пневматическими клапанами осуществляется с помощью электромагнитов.

Электромагнит и система клапанов чаще всего размещены в одном аппарате. Простейшим таким аппаратом является электромагнитный вентиль. Такой вентиль состоит из электромагнита и распределительной клапанной коробки. Магнитную цепь составляют ярмо 6 (рис. 210), сердечник 5 и якорь 2. Внутри сердечника проходит шток 3, воздействующий на клапаны 7 и 9. Когда по катушке 4, посаженной на сердечник, не протекает ток, клапаны под воздействием пружины 10 подняты в верхнее положение. Открытый верхний клапан соединяет цилиндр привода с атмосферой, а закрытый нижний преграждает доступ сжатому воздуху в распределительную клапанную коробку 8. Если на катушку подать напряжение 50 В, то якорь, преодолевая действие пружины, притянется к сердечнику, шток с клапанами опустится. При этом верхний клапан закроется, а нижний откроет доступ сжатому воздуху в цилиндр привода.

Цилиндр привода остается соединенным с резервуаром сжатого воздуха все время, пока подано напряжение на катушку вентиля. После снятия напряжения с катушки якорь электромагнита под действием сжатой пружины перемещается вверх вместе с клапанами. Верхний клапан при этом соединяет цилиндр привода с атмосферой, а нижний — закрывает доступ сжатому воздуху в цилиндр. При нажатии на кнопку 1 происходят те же действия в вентиле, что и при подаче напряжения на его катушку.

Катушка рассчитана на номинальное напряжение 50 В, ток 0,175 А. Пневматическая часть вентиля рассчитана при номинальном давлении 490 кПа. Ход клапана 0,9 мм.

Разновидностью электропневматического вентиля является вентиль защиты, который установлен в пневматической цепи отечественных электровозов и предназначен для блокирования входа в высоковольтную камеру при наличии в ней высокого напряжения или при включенном положении кнопки *Пантографы*. Особенностью этого вентиля является наличие двух электромагнитных систем: постоянного и переменного тока, установленных одна над другой. Обе системы воздействуют на одну общую пару клапанов, помещенных в воздухораспределительную коробку. При возбуждении одной из них или обеих происходит перемещение клапанов во включенное положение. Клапаны возвращаются в отключенное положение только тогда, когда снято напряжение с обеих катушек. Катушка переменного тока рассчитана на рабочее напряжение переменного тока 270—465 В. Масса вентиля 4,4 кг.

Электропневматические вентили — аппараты малой мощности (их мощность не превышает 10 Вт). Они имеют небольшое сечение клапанной системы, что не позволяет непосредственно применять их в устройствах, где требуется быстрая подача сжатого воздуха в больших количествах, например в цилиндры нагрузочного устрой-

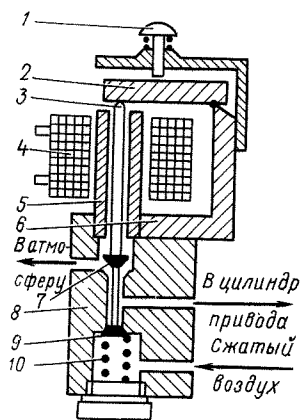


Рис. 210. Электропневматический вентиль

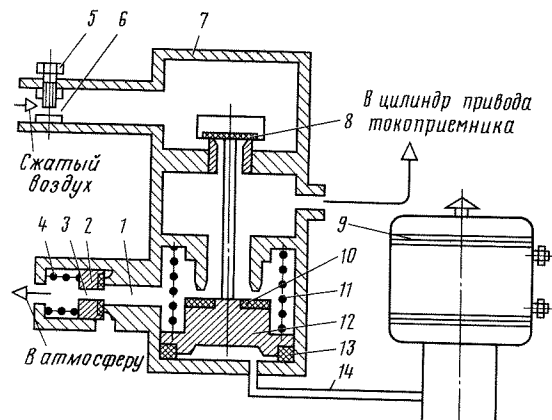


Рис. 211. Устройство клапана токоприемника КП-41

ства, в цилиндр привода токоприемника и др. В этих случаях применяют пневматические клапаны, своего рода пневматические усилители. Принцип действия их состоит в том, что при подаче сжатого воздуха от электропневматического вентиля открывается другой клапан—с большим сечением. На электровозах широко применяют устройства, состоящие из электропневматического вентиля и клапана, которые называют электропневматическими клапанами. На восьмиосных электровозах электропневматический клапан КП-39 используется для подачи сжатого воздуха к тифону, свистку и форсункам песочниц, клапан КП-53—для подачи сжатого воздуха в цилиндры нагрузочного устройства и в цепи замещения тормоза; пневматический клапан КП-40—для подачи воздуха к тифону; электропневматический клапан КП-41—для подачи сжатого воздуха в привод токоприемника; электропневматический клапан КП-100—для спуска конденсата из главных резервуаров. Перечисленные клапаны представляют собой унифицированную серию, в которой несколько модификаций выполнено на базе одного клапана.

Рассмотрим устройство и работу клапана токоприемника КП-41. В корпус 7 (рис. 211) помещен поршень 12 с открывающимся 8 и закрывающимся 10 клапанами. Пружиной 11 поршень отжимается в нижнее положение. Уплотнительное кольцо 13 предотвращает утечку воздуха при опускании токоприемника. Клапан токоприемника на входе имеет калибровочный клапан 6, площадь сечения которого регулирует болтом 5; на выходе его установлено дросселирующее устройство, обеспечивающее быстрый отрыв токоприемника от контактного провода в начале процесса и затем медленное опускание. Основной элемент дросселирующего устройства—клапан 2 с калиброванным отверстием 3, который отжимается пружиной 4 вправо, закрывая выходной канал 1.

При возбуждении вентиля 9 сжатый воздух подается по каналу 14 под поршень 12. Поршень поднимается, открывая клапаном 8 доступ сжатому воздуху в привод токоприемника. Клапан 10 при

этом закрывается. Чем больше сечение калибровочного клапана 6, тем больше скорость подъема токоприемника. Токоприемник остается поднятым, пока возбужден вентиль 9. Чтобы опустить токоприемник, с катушки вентиля 9 снимают напряжение. Воздух из-под поршня выходит через клапанную коробку вентиля в атмосферу, поршень с клапанами опускается. Верхний клапан закрывает доступ сжатому воздуху в привод токоприемника, а нижний 10 соединяет цилиндр этого привода через дросселирующее устройство с атмосферой.

В начале, пока давление в цилиндре привода еще велико, клапан 2 под действием давления сжатого воздуха перемещается влево, открывая дополнительный выход сжатому воздуху через канал 1 большого сечения в атмосферу. Давление в приводе падает, и токоприемник быстро опускается. Когда давление уменьшится до определенного значения (оно зависит от сжатия пружины 4), клапан 2 под действием пружины переместится вправо и воздух из привода токоприемника будет выходить, теперь уже медленно, только через малое калиброванное отверстие (диаметр 1,6 мм), обеспечивая медленное опускание токоприемника. Таким образом, скорость опускания токоприемника можно регулировать, изменяя сжатие пружины 4.

§ 66. Блокировочные устройства безопасности на ограждении высоковольтных камер

На электровозах устанавливают специальные аппараты, обеспечивающие безопасность людей. Большинство защитных устройств предусмотрено для того, чтобы исключить доступ обслуживающего персонала к оборудованию, находящемуся под напряжением. Высоковольтное оборудование сосредоточено в основном в специальных огражденных высоковольтных камерах, в которые можно войти через двери или проемы, прикрытые отодвигающимися шторами. Шторы и двери при наличии в камере оборудования, находящегося под высоким напряжением, автоматически блокируются, что исключает возможность доступа людей в камеры. Рассмотрим устройства безопасности применительно к электровозу ВЛ80^т.

Устройства безопасности позволяют поднять токоприемник только при закрытых и запертых дверях высоковольтной камеры (если двери не закрыты или не заперты, токоприемники не поднимутся даже при включении соответствующих кнопок управления). Открыть эти двери возможно только при выключенных кнопках токоприемника и отсутствии напряжения на тяговом трансформаторе. Для обеспечения перечисленных условий безопасности в системе подачи сжатого воздуха к клапанам пантографов установлены защитные аппараты: вентиль защиты 1 (рис. 212), пневматические блокировки 3 и 4, обеспечивающие при наличии в них сжатого воздуха, во-первых, запирающие двери и, во-вторых, закрытие доступа воздуха к клапанам пантографов при открытых дверях.

После включения кнопки *Пантографы* в вентиле 1 возбуждается катушка с напряжением 50 В.

Сжатый воздух через вентиль и воздухопровод 2 поступает в пневматические блокировки дверей высоковольтной камеры. Попадая

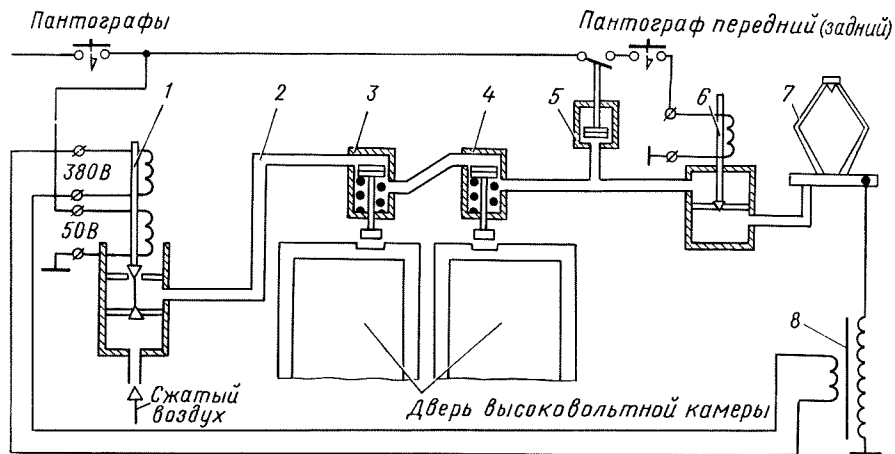


Рис. 212. Блокировочные устройства ограждения высоковольтных камер

в цилиндр блокировки, сжатый воздух стремится переместить поршень вместе со штоком вниз. Если двери высоковольтной камеры закрыты (на рисунке условно показано такое состояние дверей — против штока находится впадина двери), то поршень со штоком переместится вниз и запрет двери. После перемещения поршня блокировки 3 вниз открывается проход для сжатого воздуха ко второй пневматической блокировке 4. Если и там двери высоковольтной камеры закрыты и запорты, то после перемещения поршня со штоком блокировки 4 вправо открывается доступ сжатому воздуху уже к клапанам токоприемников. Если же какая-либо дверь высоковольтной камеры осталась незапертой, перемещение поршня пневматической блокировки вправо невозможно. При этом сжатый воздух не сможет пройти к клапанам токоприемников и они не поднимутся.

При наличии сжатого воздуха в блокировке 5 токоприемник 7 можно поднять, включив клапан пантографа 6 кнопкой *Пантограф передний (задний)*.

Когда полз токоприемника коснется контактного провода и будет включен главный выключатель, тяговый трансформатор 8 окажется под напряжением. При этом катушка с напряжением 380 В вентиля защиты возбудится. Во время работы электровоза обе катушки вентиля защиты осуществляют блокировку закрытых и запорты дверей.

Чтобы опустить токоприемник, выключают соответствующие кнопки, катушка вентиля защиты с напряжением 50 В при этом теряет питание. Если токоприемник опустился, то на другую катушку вентиля защиты также не подается напряжение и сжатый воздух (при обеих обесточенных катушках) из пневматических блокировок через вентиль защиты выходит в атмосферу. Поршни под действием возвращающихся пружин перемещаются в верхнее положение. Двери высоковольтной камеры могут быть открыты. Если же токоприемник по какой-либо причине не опустится и

тяговый трансформатор находится под напряжением, то благодаря вентилю защиты двери высоковольтной камеры останутся заблокированными, несмотря на то что кнопки управления пантографами будут отключены.

§ 67. Устройство переключения воздуха

Электрооборудование, работающее при больших токах, охлаждаются мощным потоком воздуха (в трансформаторах — потоком масла), т. е., как говорят, обеспечивают принудительное охлаждение. На всех электровозах, как известно, тяговые двигатели, сглаживающий реактор и выпрямительные установки работают с принудительным охлаждением. Очень эффективным оказывается такое охлаждение тормозных реостатов, позволяющее в несколько раз снизить их габариты и массу. Однако сами вентилирующие устройства — вентиляторы, воздухопроводы — обладают значительными габаритами и массой, а вентиляторы расходуют значительную энергию. Поэтому конструкторы локомотивов стремятся путем наилучшего использования таких устройств уменьшить их число.

На электровозе ВЛ80^т в тяговом режиме выпрямительные установки нуждаются в интенсивном охлаждении, а через тормозные реостаты ток не проходит. При реостатном торможении, наоборот, нужно интенсивно охлаждать тормозные реостаты, а выпрямительные установки не работают. Поэтому целесообразно использовать одни и те же вентиляторы в тяговом режиме для охлаждения выпрямителей, а в тормозном — для охлаждения тормозных реостатов.

Устройство переключения воздуха (УПВ) предназначено для изменения направления воздуха, подаваемого вентилятором, одновременно с изменением режима работы электровоза ВЛ80^т либо к выпрямительной установке в тяговом режиме, либо к резисторам в режиме реостатного торможения. Для этого в воздухопроводе, идущем от вентилятора, поставлена поворачивающаяся на оси 3 (рис. 213) заслонка 1. Если она установлена в верхнее положение (как показано на рисунке), то воздух от вентилятора поступает вниз — к выпрямительной установке, так как доступ ему к тормозным реостатам закрыт заслонкой. Если заслонка поставлена в нижнее положение, то воздух от вентилятора поступает вверх — к тормозным реостатам.

Направляющие лопатки 2 обеспечивают равномерное по сечению распределение потока воздуха на выходе из патрубков.

Привод УПВ электропневматический. В цилиндр 1 (рис. 214) помещен поршень, который может занимать одно из двух крайних положений в зависимости от того, какой из двух электропневматических вентилях 2 возбужден. Если возбудить левый вентиль, то поршень со штоком 8 переместится вправо, рычаг 3 повернется против часовой стрелки и через поводок повернет вал 4 вместе с заслонкой 5, которая займет нижнее положение. Одновременно вращение через зубчатый сектор 6 и шестерню блокировочного устройства 7 передается кулачковым шайбам, что обеспечивает соответствующие переключения контакторных элементов.

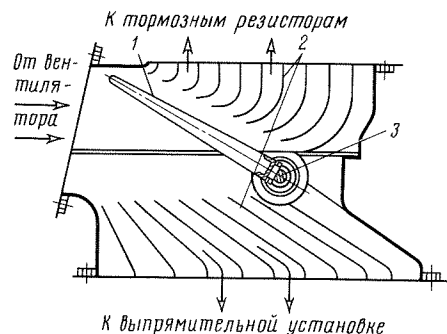


Рис. 213. Расположение заслонки в устройстве переключения воздуха

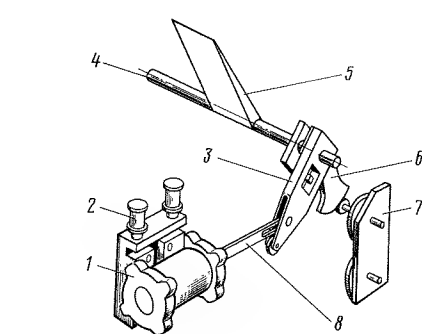


Рис. 214. Кинематическая схема устройства переключателя воздуха

Для переключения УПВ в другое фиксированное положение нужно возбудить другой электропневматический вентиль. В случае необходимости аппарат можно переключить вручную гаечным ключом, используя гайку на конце вала заслонки. Время переключения не более 1,5 с.

§ 68. Блок управления реостатным торможением

Сила торможения, развиваемая электровозом при реостатном торможении, как и сила тяги в тяговом режиме, находится в прямой зависимости от тока якорей и тока возбуждения тяговых двигателей. В режиме реостатного торможения осуществляется в основном плавное регулирование тока возбуждения путем изменения фазы импульсов управления, подаваемых на тиристоры выпрямительной установки возбуждения, и лишь при небольшой скорости — регулирование тока якоря путем переключения резисторов. Для этого применена автоматическая система регулирования, которая обеспечивает выполнение заданного машинистом режима торможения, одновременно предотвращая возникновение опасных для оборудования режимов.

В систему управления реостатным торможением входят контроллер машиниста, датчики сигналов о режиме работы, функциональные преобразователи и регулирующие устройства. К этим устройствам относятся: задатчик скорости — сельсин, установленный в контроллере машиниста, напряжение на выходе которого меняется в зависимости от угла поворота тормозной рукоятки контроллера; задатчик тормозной силы, установленный также на контроллере машиниста, напряжение на выходе которого меняется в зависимости от угла поворота рукоятки переключателя; трансформаторы постоянного тока якорей двигателей ТПТЯ; блок управления реостатным торможением (БУРТ), представляющий собой комплекс блоков различного назначения; блок измерительный БИ, осуществляющий связь между ТПТЯ, датчиками скорости и БУРТ; тахогенераторы, являющиеся датчиками сигналов скорости, установленные на 2, 3, 6 и 7-й колесных парах электровоза; выпрямительные установки

возбуждения, осуществляющие регулирование и выпрямление тока в последовательной цепи обмоток возбуждения двигателей.

Система управления и регулирования обеспечивает режим остановочного торможения с ограничениями по максимально допустимым токам якоря и возбуждения двигателей по тормозному усилию и условиям коммутации; поддержание заданной скорости движения на уклонах с ограничениями по значениям токов, тормозного усилия и по условиям коммутации; режим предварительного подтормаживания при тормозном усилии около 980 кН и минимальное усилие на уровне предварительного подтормаживания; формирование сигнала при отказе системы реостатного торможения для автоматического включения пневматического тормоза; изменение сопротивления тормозных резисторов с 1,0 до 0,54 Ом с целью расширения области торможения в зоне низких скоростей.

Из сказанного выше определяется назначение БУРТ — совместно с другими устройствами системы обеспечивать автоматическое регулирование заданного режима.

Электровозы ВЛ80^т, начиная с № 1171, оборудованы блоком БУРТ-12, который состоит из следующих узлов: БОТ (блок ограничения токов якоря и возбуждения), ФП-РУ (функциональный преобразователь решающего устройства), ФР-УИ (фазорегулирование, усиление импульсов), БСС (блок сравнения сигналов), БРП (блок реле переключения), БСП (блок сигнализации и питания), БПА (блок питания автоматики).

Назначение блока БОТ понятно из его наименования. Если ток якоря или ток возбуждения превысит заданные допустимые значения, то в соответствующем канале этого блока образуется сигнал, который с помощью блока ФР-УИ осуществляет уменьшение тока возбуждения и, как следствие, тока якоря. БОТ настраивают на ток якоря 830 А и ток возбуждения 1100 А. В режиме остановочного торможения на высоких скоростях вступает в действие устройство ограничения тока якоря, а на низких скоростях — устройство ограничения тока возбуждения.

Блок ФП-РУ — наиболее сложное устройство. Он формирует сигнал, который, пройдя через блок ФР-УИ, обеспечивает наибольшую силу торможения, ограниченную в зависимости от скорости, заданной силы торможения, коммутационных условий работы тяговых двигателей. Блок БСС сравнивает заданное и фактическое значения скорости электровоза и вырабатывает соответствующие сигналы на включение или отключение реостатного торможения для того, чтобы система регулирования обеспечила заданную машинистом скорость движения по уклону.

Блок ФР-УИ регулирует фазу открытия тириستоров выпрямительной установки возбуждения (ВУВ), а тем самым ток возбуждения двигателей в режиме реостатного торможения. Фазорегулятор выполнен на серийном магнитном усилителе ТУМ-А1-11. В его рабочих цепях в момент насыщения сердечника формируются прямоугольные импульсы тока, которые подаются на усилители. Момент насыщения сердечника расщепителя фаз определяется суммарной магнитодвижущей силой семи обмоток управления. Первая обмотка замкнута накоротко и используется как демпферная для предотвращения автоколебаний в переходных режимах; вторая — обмотка смещения;

третья выполняет функции ограничения режима торможения по условиям коммутации тяговых двигателей: при скорости свыше 90 км/ч ток якоря не должен превышать 300 А. Основной, управляющей является четвертая обмотка, обеспечивающая ограничение максимальной тормозной силы по условиям сцепления. Пятая обмотка используется для предотвращения нарастания тока возбуждения, если не собраны цепи якорей для реостатного торможения. Шестая и седьмая обмотки, связанные с блоком БОТ, ограничивают токи соответственно возбуждения и якоря двигателей. Вторая часть блока ФР-УИ производит предварительное усиление импульсов, подаваемых затем в усилитель импульсов ВУВ.

Блок БРП осуществляет изменение сопротивления тормозных резисторов с 1 на 0,54 Ом, если скорость становится ниже 35 км/ч.

Все блоки БУРТ питаются стабилизированным переменным напряжением 12, 36, 54 В прямоугольной формы частотой 50 Гц, синфазной с частотой напряжения питания ВУВ. Блок питания автоматики БПА выдает переменное нестабилизированное напряжение синусоидальной формы 36 В.

На блок БУРТ-12, потребляющий мощность 0,5 кВт, подается напряжение 380 В переменного тока. Его устройства обеспечивают: ограничение тормозной силы, которое можно регулировать в диапазоне 196—490 кН; ограничение тока возбуждения до 1100 А, тока якоря до 830 А и по условиям коммутации при скорости 90—110 км/ч до 300 А; переключение тормозных резисторов во время замедления при скорости 35 км/ч и во время ускорения — при 40 км/ч; тормозную силу предварительного торможения 117,6—78,4 кН при скоростях 10—50 км/ч и 78,4—58,8 кН при 50—90 км/ч.

Все элементы блока управления реостатным торможением БУРТ смонтированы на панелях. Каждая панель 8 (рис. 215) помещена в свою кассету 4, а кассеты вставляют в общий шкаф. Габариты кассет различны, а устройство кассет одинаково. Кассета представляет собой рамную конструкцию, состоящую из задней 10 и передней 7 металлических панелей, жестко соединенных двумя металлическими трубками 6 и двумя направляющими планками 9. Внутри кассеты укреплены изоляционные панели 8, на которых смонтированы транзисторы, резисторы, стабилитроны, конденсаторы и другие элементы. Чтобы кассету можно было установить лишь в определенное место шкафа, а также для предотвращения ее смещения на кассетах сделаны специальные штыри 11, а в шкафу — пазы. Для надежной фиксации (в условиях тряски) кассету после постановки в шкаф запирают специальным пружинным замком, имеющим два положения. Когда замок находится в положении О (открыто), можно вставлять и вынимать кассету; в положении 3 (заперто) кассета надежно фиксирована в шкафу.

Внутренний монтаж кассет выведен на колодки 12. Соответствующие розеточные части с гнездами смонтированы в шкафу; используя их, осуществляют соединение электрических цепей отдельных блоков внутри шкафа. Для повышения надежности каждое штепсельное соединение дублировано: при нарушении контакта в одном электрическая цепь сохраняется через соседний параллельно подключенный контакт. Контрольные точки внутренних цепей кассет выведены на планки 3. Они служат для проверки исправности кассет без выемки

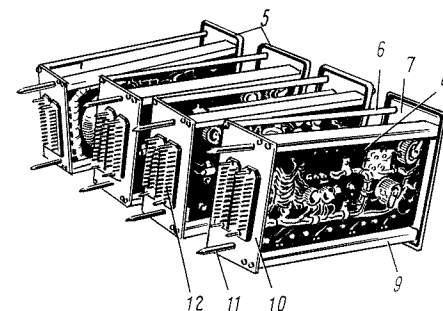
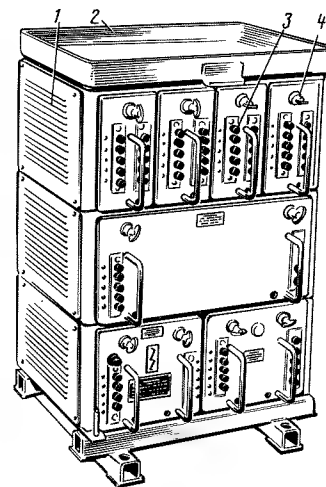


Рис. 215. Шкаф управления реостатным торможением и его кассеты

их из шкафа. Кассета блока БПА, к которому подводится напряжение 380 В, снабжена панелью зажимов специальной конструкции.

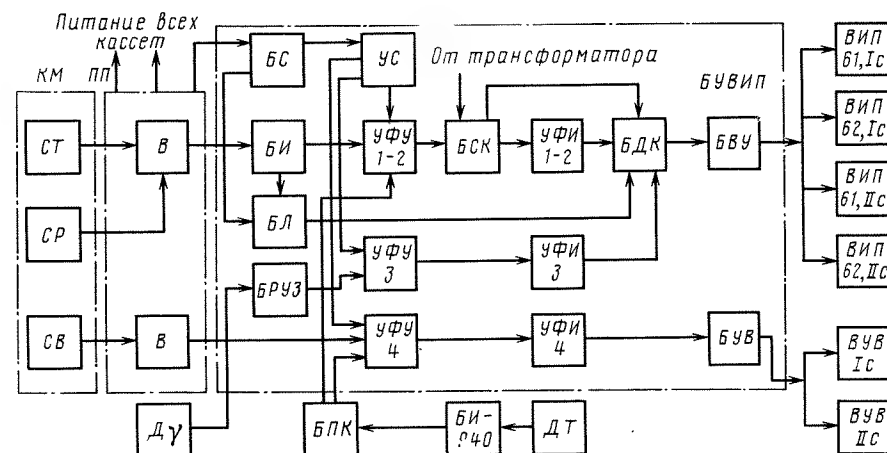
Металлический шкаф представляет собой комплект каркасов, надетых на шпильки. Такая конструкция позволяет при необходимости добавлять, снимать и переставлять каркасы. Сверху шкаф накрыт крышкой 2, которая предотвращает попадание в него пыли и грязи. Через специальные отверстия в крышке выходит воздух, охлаждающий блоки. С боковых сторон к каркасу крепятся жалюзи 1, через которые поступает воздух для вентиляции.

Напряжение подводится через два контактных зажима, каждый из которых рассчитан на 18 выводов. Зажимы закреплены на уголках, приваренных к основанию.

§ 69. Блок управления выпрямительно-инверторного преобразователя

Применение тиристоров в выпрямительно-инверторном преобразователе (ВИП) на электровозе ВЛ80^Р позволяет осуществлять плавное бесконтактное зонно-фазовое регулирование напряжения тяговых двигателей в режиме тяги (соответственно плавное изменение силы тяги) и плавное регулирование тормозной силы при рекуперативном торможении. В систему управления ВИП входят: контроллер машиниста; электронные устройства, обеспечивающие управление и защиту ВИП, собранные в один шкаф-блок, названный БУВИП (блок управления ВИП); панель питания; датчики угла коммутации; датчики тока двигателя; блок измерений; блок противокомпаундирования; датчики напряжения тяговой обмотки трансформатора. Назначение и устройство контроллера машиниста известны (см. § 63). От панели питания подается постоянное стабилизированное и переменное напряжение ко всем устройствам БУВИП, в том числе к сельсинам контроллера машиниста. Панель питания также формирует напряже-

ние, по которому осуществляется распределение импульсов управления по полупериодам анодного напряжения. Датчики коммутации формируют сигналы в виде импульсов, длительность которых соответствует углам коммутации в плечах преобразователя. Датчики тока формируют сигналы, напряжение которых пропорционально протекающему току. Измерительный блок измеряет напряжения управления, поступающие с сельсинов контроллера машиниста, и подает команды, по которым производится переход из одной зоны регулирования в другую. Система противокомпаундирования предназначена для уменьшения скорости нарастания тормозного тока при входе в режим рекуперативного торможения и для сглаживания нестационарных процессов.



импульсов управления уменьшается от максимального до минимального значения, что соответствует увеличению напряжения тяговых двигателей от $0,75 U_{\text{ном}}$ до полного номинального напряжения.

Регулирование э. д. с. трансформатора в инверторном режиме при рекуперативном торможении электровоза осуществляется напряжением управления, поступающим от сельсина рекуперации *СР*. Напряжение от него через выпрямитель *В* панели питания, блок *БИ* подается в *УФУ1-2*. Последний совместно с блоком *БПК* изменяет фазу импульсов управления. В режиме рекуперативного торможения блок *УФУ3* формирует импульсы, соответствующие по фазе углу опережения открытия. Взаимодействие блоков в режиме инвертирования (при рекуперации) аналогично взаимодействию их в режиме выпрямления, но с соответствующей инверторному режиму очередностью работы плеч и регулированием угла их открытия.

Регулирование тока возбуждения двигателей в режиме рекуперативного торможения осуществляется напряжением управления от сельсина *СВ*. Напряжение от сельсина через выпрямитель, установленный на панели питания, подается на *УФУ4*, в котором обеспечивается изменение фазы импульсов управления плеч *ВУВ* соответственно напряжению управления. Выходящие от *УФУ4* импульсы усиливаются в *УФИ4*, подаются на *ВУВ* и далее к *ВУВ* обеих секций.

Конструктивно БУВИП выполнен в виде металлического каркаса со съемными выдвижными кассетами-блоками, в которых смонтировано электронное оборудование. Внизу шкафа имеется рейка с выводными зажимами и панель контрольных точек для проверки и наладки БУВИП в собранном виде. Жалюзи в боковых стенках обеспечивают поступление воздуха для охлаждения оборудования. В шкафу БУВИП находится 14 кассет (в том числе одна запасная), по устройству аналогичных кассетам шкафа БУРТ.

§ 70. Указатель позиций

Во время ведения поезда машинисту всегда необходимо знать, какая ступень регулирования используется, т. е. на какой позиции находится вал переключателя ступеней. Для этого в кабине установлен указатель позиций, который имеет циферблат с номерами всех позиций и стрелку, указывающую номер используемой позиции. Стрелка перемещается с кулачковым валом главного контроллера (на отечественных электровозах) или с валом избирателя позиций высоковольтного переключателя ступеней (на ЧС4 и ЧС4^т).

Связь между валом переключателя ступеней и осью со стрелкой указателя позиций осуществляется сельсинами. Сельсин представляет собой маленький асинхронный двигатель, к обмотке статора которого подводится однофазный ток при напряжении 110 В. Обмотки роторов — трехфазные, соединены по схеме «звезда».

Сельсин-датчик *Д* (рис. 217) установлен на переключателе ступеней; его ротор через зубчатые передачи жестко связан с кулачковым валом переключателя. На электровозах с контроллером ЭКГ-8 зубчатые передачи обеспечивают передаточное отношение 1:2. Это значит, что при двух оборотах кулачкового вала переключателя (33 позиции) вал сельсина повернется на один оборот. Сельсин-приемник

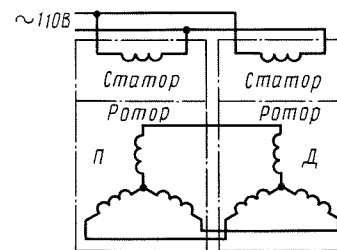


Рис. 217. Схема сельсинов указателя позиций

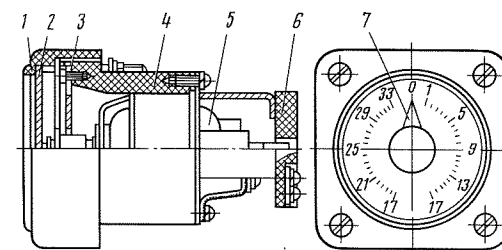


Рис. 218. Указатель позиций:
1 — крышка; 2 — стекло; 3 — шкала; 4 — корпус; 5 — сельсин-приемник; 6 — панель; 7 — стрелка

П находится на пульте управления машиниста. К обмотке его статора подводится тоже однофазное напряжение, а обмотки роторов обоих сельсинов соединены тремя проводами.

Принцип действия такой системы сельсинов заключается в следующем. При протекании по обмоткам статоров переменного тока в сельсинах возникают переменные магнитные потоки, которые пронизывают роторы. В обмотках обоих роторов индуцируются э. д. с. Если положения роторов неодинаковы, то наводимые э. д. с. также неодинаковы и в обмотках роторов появляются токи. Токи ротора и магнитные потоки статора создают в обоих сельсинах вращающий момент. Ротор сельсина-датчика, жестко связанный с валом переключателя, повернуться не может, а ротор сельсина-приемника может поворачиваться. Он поворачивается до тех пор, пока не займет такое же положение, как ротор сельсина-датчика, так как только при одинаковом положении роторов в их обмотках уравновешиваются э. д. с. и ток не протекает.

Если ротор сельсина-датчика повернуть на какой-то угол, то э. д. с., наводимая в его обмотке, уже не будет уравновешиваться э. д. с. в роторе другого сельсина. В результате нарушения баланса э. д. с. в обмотках роторов потечет ток. Ток ротора и магнитный поток статора создадут вращающий момент, и ротор сельсина-приемника начнет поворачиваться. Движение его будет продолжаться до тех пор, пока он не повернется на такой же угол, как и ротор сельсина-датчика. Только в этом случае э. д. с. снова будут уравновешены и ротор сельсина-приемника остановится. Ротор второго сельсина будет всегда точно повторять движение ротора первого сельсина, а стрелка, укрепленная на нем, указывать номер позиции.

На электровозах ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ60^к использован указатель позиций УП-5 (рис. 218). На его циферблат нанесены 33 отметки, соответствующие 33 позициям переключателя ступеней.

§ 71. Электроизмерительные приборы

На пульте управления перед машинистом расположены электроизмерительные приборы и манометры.

По амперметрам и вольтметру тяговых двигателей машинист следит за режимом работы электровоза. Вольтметр напряжения

контактной сети помогает определить машинисту целесообразный режим ведения поезда. По амперметру и вольтметру аккумуляторной батареи помощник машиниста контролирует режим работы и состояние батареи. Для измерения тока и напряжения в цепи тяговых двигателей используют приборы М151 магнитоэлектрической системы.

Вольтметр тяговых двигателей (прибор типа М151) включен через дополнительный резистор, установленный в высоковольтной камере. Амперметры тяговых двигателей подсоединяют к шунтам, врезанным в цепи якорей.

В качестве вольтметра переменного тока используют прибор типа Д151 ферродинамической системы.

Для учета затраченной энергии на ведение поезда или возвращенной в сеть при рекуперативном торможении на отечественных электровозах установлены счетчики типа СОИ-442. Принцип действия счетчика весьма прост. Количество энергии, как известно, находится в прямой зависимости от мощности и продолжительности работы. Внутри счетчика помещен диск, который вращается тем быстрее, чем больше мощность электровоза. Чем дольше работает электровоз, тем больше оборотов делает диск счетчика. Поэтому число оборотов диска счетчика пропорционально количеству учитываемой энергии. На счетчике указан масштаб: какому количеству энергии соответствует 1 оборот диска. Класс точности счетчика 2,5.

Включение, отключение, вскрытие, проверка и клеймение счетчиков имеют право выполнять только специально выделенные работники.

§ 72. Штепсельные соединения

Силовые цепи и цепи управления смонтированы в основном внутри кузова. Однако они имеют выходы из кузова для соединений, например, со второй секцией, для подключения цепей тяговых двигателей к деповской сети низкого напряжения, для подключения переносных ламп, необходимых при осмотре ходовых частей в темное время, и другие. Такие соединения для удобства эксплуатации должны быть легко разъемными, поэтому их выполняют в виде штепсельных соединений, состоящих из штепселя и розетки.

Соединение цепей управления секций восьмиосных электровозов осуществляют с помощью специальных розеток РУ-51 и штепселей ШУ-21. Конструкция этих приборов обеспечивает быстрое соединение одновременно многих цепей и надежный контакт во время поездки в любых условиях эксплуатации. Каждый из этих приборов имеет по 37 контактов, рассчитанных на ток 13 А и напряжение 50 В.

В корпусе 4 розетки (рис. 219) закреплены панели 5 из изоляционного материала с контактными штырями 3. С тыльной стороны панелей к штырям присоединяют монтажные провода. Для уплотнения места ввода провода в корпус розетки установлена упругая втулка и гайка. В нерабочем состоянии розетка закрыта крышкой 1, которая прижата пружиной 2.

Конструкция штепселя аналогична. В корпусе 5 (рис. 220) закреплены две изоляционные панели 1 и 3, в которых установлены

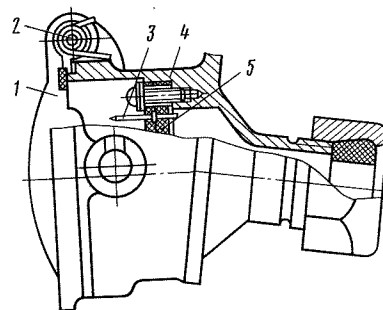


Рис. 219. Розетка

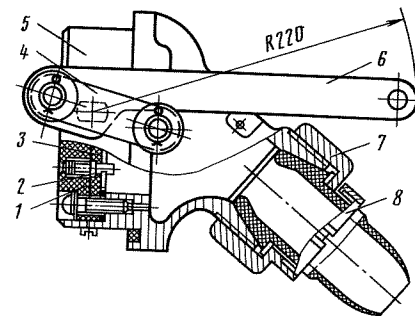


Рис. 220. Штепсель

гнезда 2. Для лучшего контакта со штырями розетки в гнездах делают крестообразный разрез и устанавливают пружину. В розетке предусмотрена система рычагов 4 и 6, обеспечивающая удобство соединения ее со штепселем. Для уплотнения монтажных проводов применена резиновая втулка, закрепленная гайкой 7 и хомутом 8. На поверхности корпуса розетки имеются пазы, а в корпусе штепселя — винты.

Пазы и винты допускают соединение розетки со штепселем только при определенном взаимном расположении штырей розетки относительно гнезд штепселя. Этим исключается возможность неправильного соединения цепей в месте разъема.

Чтобы соединить штепсель с розеткой, открывают ее крышку вверх, вставляют штепсель так, чтобы расположение пазов розетки соответствовало винтам штепселя. Окончательное включение производится рычагом штепселя.

Для подключения цепи тяговых двигателей и цепей вспомогательных машин электровоза к сети депо применяют низковольтные розетки, рассчитанные на большой ток. На отечественных электровозах с этой целью используют розетки РН-1, рассчитанные на напряжение 440 В и длительный ток 400 А. Внутри корпуса, состоящего из двух прессованных колодок 2 (рис. 221), помещен пружинящий контакт, состоящий из контактной пластины 5, контактных пальцев 1 и пружин 4. Отверстие розетки, через которое вводится шина от сети депо, защищено крышкой 3.

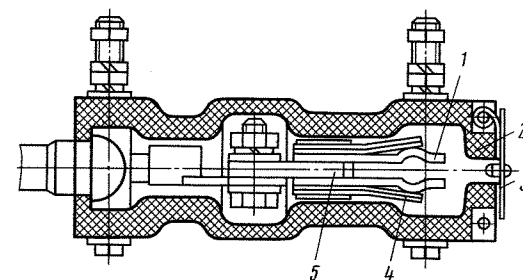
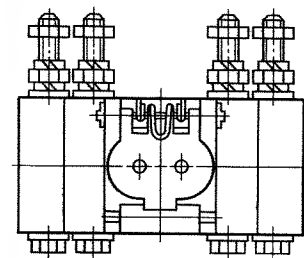


Рис. 221. Розетка РН-1

Включить Выключить

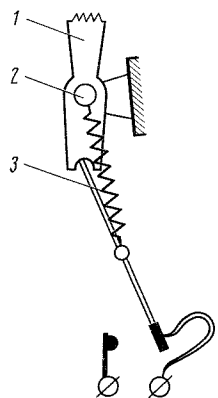


Рис. 222. Устройство кнопочно-го выключателя

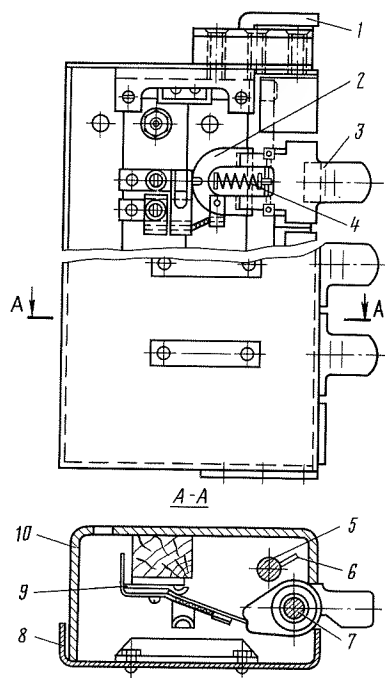


Рис. 223. Кнопочный выключа-
тель

§ 73. Кнопочные выключатели.

Посты кнопочные

Дистанционное управление токо-приемниками, главным выключае-лем, переключателями, контакторами и другим оборудованием, не связан-ным с режимом ведения поезда, осу-ществляют с помощью **кнопочных выключателей**, расположенных в ка-бинах машиниста и в проходах кузова. Их часто называют кнопками управ-ления. Кнопочные выключатели ра-ботают в цепях управления электро-воза с напряжением 50 В постоянного тока. Конструкции кнопочных вы-ключателей различны. На отечествен-ных электровозах применяют кнопоч-ные выключатели типа КУ, которые состоят из пяти, девяти или двенад-цати независимых однополюсных вы-ключателей.

Рукоятка 1 (рис. 222) каждого выключателя сидит на оси 2, общей для всех выключателей. Подвижной и неподвижный контакты соединены с выводными зажимами. Пружина 3 обеспечивает фиксированное положе-ние выключателей, создает необходи-мое контактное нажатие и перекиды-вает подвижной контакт из одного положения в другое с большой скоро-стью независимо от того, с какой скоростью машинист перемещает ру-коятку. Большая скорость замыкания и размыкания предотвращает дли-тельное горение дуги и тем самым подгар контактов.

Выключатели монтируют в корпу-се 10 (рис. 223) со съемным щитком 8. Рукоятки 3 расположены на общей оси 7. Подвижные контакты 2 имеют дугообразную форму. Внутри дуги установлены пружины 4. Подвижные и неподвижные 9 контакты соедине-ны с выводными клеммами.

Некоторые кнопки, например *Включение ГВ и возврат реле*, не имеют фиксированного включенного положения. Такие кнопки под дей-ствием дополнительной пружины воз-вращаются в исходное положение. Кнопочные выключатели ответствен-

ных цепей (например, токоприемников, главного выключателя и т. п.) имеют съемную блокировочную рукоятку 1 (иногда ее называют ключом). При повороте рукоятки валик 5 с пальцем 6 делает невозможным включение кнопок. Снять блокировочную рукоятку можно только тогда, когда кнопки заперты. Такая съемная рукоятка исключает возможность управления одновременно из двух постов, что недопустимо по условиям обеспечения безопасности.

Технические данные кнопочных выключателей: номинальное на-пряжение 50 В, номинальный ток 10 А, раствор контактов 7—10 мм, усилие включения 11,7—16,6 Н.

Кнопочный пост конструктивно отличается от кнопочных выключа-телей. Для замыкания цепи кнопочного поста необходимо нажать на кнопку. При этом одна пара контактов замыкается, а другая размыкается. Если отпустить кнопку, то под действием пружины контакты занимают исходное положение. В одном корпусе монтиру-ют несколько кнопочных элементов с соответствующими надписями: *Свисток, Тифон, Песок* и др.

В цепях управления используют также быстродействующие вы-ключатели—тумблеры. Такой выключатель имеет несколько пар замыкающих и размыкающих контактов мостикового типа, т. е. с двойным разрывом электрической цепи. Такие контакты могут работать в цепях с напряжением до 220 В, током до 5 А и мощностью нагрузки до 250 Вт.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 74. Трансформатор ТРПШ и регулятор напряжения

На отечественных электровозах в качестве источника питания цепей управления применяется выпрямительно-стабилизирующее устройство, состоящее из трансформатора, выпрямителя и регулятора напряжения.

Трансформатор ТРПШ, помимо первичной и вторичной обмоток, имеет подмагничивающую обмотку, с помощью которой осуществляется стабилизация выпрямленного напряжения 50 В. Магнитная система ТРПШ состоит из трех магнитопроводов, набранных из листов электротехнической стали. Основной, средний магнитопровод имеет площадь сечения в два с лишним раза большую, чем два крайних подмагничиваемых. Первичная обмотка $H1—K1$ состоит из двух катушек, каждая из которых охватывает все три магнитопровода (рис. 224). Вторичная обмотка $H2—K2$ также имеет две катушки; они соединены параллельно и охватывают только средний магнитопровод. Каждая катушка посажена на свой стержень. Обмотка подмагничивания $H3—K3$ состоит из четырех последовательно соединенных катушек, которые посажены на стержни подмагничиваемых магнитопроводов.

На рис. 225 хорошо видно расположение обмоток первичной 1, вторичной 2 и подмагничивания 3. Для того чтобы исключить появление в подмагничивающей обмотке переменного напряжения, катушки ее включены таким образом, что постоянные магнитные потоки в магнитопроводах складываются, а наводимые в катушках э. д. с. направлены встречно, т. е. взаимно компенсируются.

Первичное напряжение колеблется в широких пределах (от 280 до 460 В) в соответствии с колебаниями напряжения в контактной сети и изменениями падения напряжения в обмотке тягового трансформатора электровоза. Стабилизация вторичного напряжения осуществляется регулированием тока в подмагничивающей обмотке. При снижении первичного напряжения регулятор напряжения обеспечивает увеличение тока в обмотке $H3—K3$, что приводит к увеличению насыщения крайних магнитопроводов. В результате увеличивается магнитный поток в основном, среднем магнитопроводе и соответственно напряжение во вторичной обмотке $H2—K2$. В случае увеличения напряжения регулятор напряжения уменьшает ток в обмотке подмагничивания, и напряжение в обмотке $H2—K2$ снижается.

Трансформатор ТРПШ имеет номинальную мощность 9,2 кВ·А; номинальный ток первичной обмотки равен 20 А, вторичной 80 А и обмотки подмагничивания 6,5 А.

Регулятор напряжения РН (рис. 226) контролирует выходное напряжение моста $1B—4B$, регулирует ток обмотки подмагничивания

трансформатора ТРПШ и тем самым стабилизирует напряжение цепей управления на уровне 50 В с отклонениями $\pm 2,5$ В. От полупроводникового выпрямителя $1B—4B$ через сглаживающий дроссель $ДС1$ и рубильник $3P$ напряжение подается в цепи управления. Одновременно от выпрямителя через параллельно включенные диод $5B$, резистор $R10$ (нормально при работе электровоза рубильник $7P$ включен) дроссель $ДС3$ подзарядается аккумуляторная батарея. В случае необходимости для ускоренной подзарядки батареи рекомендуется отключать рубильник $7P$. Размыкающим контактом контактора K цепь аккумуляторной батареи отделена от цепей управления. При отсутствии напряжения на трансформаторе ТРПШ (выключен главный выключатель, проезд нейтральной вставки и т. п.) катушка контактора K не получает питания и его контакт обеспечивает питание цепей управления от аккумуляторной батареи.

Основным элементом регулятора напряжения $РН$ (рис. 227) является транзистор $T1$. Выпрямительный мост $15B—18B$, во-первых, создает через резисторы $R3$ и $R5$ отрицательное (открывающее) напряжение смещения на базе транзистора и, во-вторых, при открытом транзисторе T отпирает тиристоры $9B$, $10B$ моста $7B—10B$, питающего подмагничивающую обмотку ТРПШ, по цепи: мост $15B—18B$, транзистор $T1$, резисторы $R1$, $R2$, диоды $19B$, $20B$, управляющие электроды—катоды тиристоров $9B$ и $10B$, резистор $R13$, мост $15B—18B$. Измеряемое (контролируемое) напряжение подается в регулятор напряжения от моста $1B—4B$ через диоды $11B$, $12B$ на потенциометр, состоящий из резисторов $R4$ и $R7$.

Если контролируемое напряжение меньше заданного, оно недостаточно для пробоя стабилизатора $Ск1$. Транзистор $T1$ под действием отрицательного смещения, создаваемого мостом $15B—18B$, будет открыт, что обеспечит протекание тока в подмагничивающей обмотке трансформатора ТРПШ и увеличение выпрямленного напряжения. В том случае, когда контролируемое напряжение станет выше установленного значения (уставка регулируется движком резистора $R4$), напряжение на стабилизаторе $Ск1$ превысит его напряжение стабилизации, и через него на базу транзистора $T1$ поступит

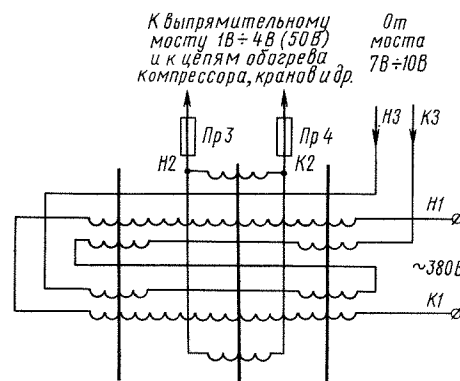


Рис. 224. Схема соединений обмоток трансформатора ТРПШ

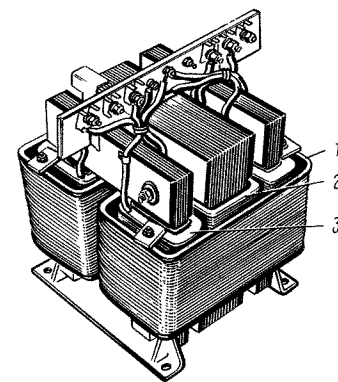


Рис. 225. Общий вид трансформатора ТРПШ

тель 2, рубильник 3, лампа 4, тумблер 5, амперметр 7, вольтметр 9, устройство для контроля предохранителей 12. На обратной стороне щита установлены выпрямители, резисторы, конденсаторы и т. д.

Для подготовки электровоза к работе и во время работы рубильники (см. рис. 227) должны быть включены, т. е. установлены в верхнее положение. После подачи напряжения на трансформатор электровоза выпрямитель 1В—4В, работающий от вторичной обмотки Н2—К2 трансформатора ТРПШ, по цепи, проходящей через параллельно включенные диод 5В и резистор R10, дроссель ДС3, рубильник 2Р, подзаряжает аккумуляторную батарею АБ. Одновременно (через дроссель ДС1, трехножевой рубильник-переключатель 3Р) он обеспечивает питание цепей управления электровоза. При отсутствии напряжения переменного тока контактор К переводит цепи управления электровоза на питание непосредственно от аккумуляторной батареи по цепи: «+» батареи, предохранитель, рубильник 2Р, контакт К, рубильник 3Р, предохранители, цепи управления.

В случае неисправностей в распределительном щите одной секции необходимо обеспечить питание ее цепей управления от распределительного щита другой секции электровоза. При этом рубильник-переключатель 3Р переводят в нижнее положение и цепи управления и локомотивной сигнализации получают питание по проводам Э62 и Э66. Распределительный щит электровозов ВЛ60^к отличается от щита РЩ-34, что обусловлено использованием мотор-генераторов постоянного тока вместо ТРПШ, вибрационного регулятора напряжения вместо тиристорного и т. п.

§ 76. Аккумуляторная батарея

Цепи управления, защиты, освещения электровоза, цепи автоматической локомотивной сигнализации при отсутствии на электровозе напряжения переменного тока получают питание от аккумуляторной батареи. Кроме того, батарея необходима для питания мотор-компрессора, обеспечивающего подачу сжатого воздуха для подъема токоприемника (если нет сжатого воздуха в главных резервуарах).

Каждый элемент аккумуляторной батареи представляет собой прибор, способный накапливать (аккумулировать) энергию при протекании через него тока в одном направлении и отдавать ее при токе обратного направления. Первый режим представляет собой заряд батареи или подзаряд, второй — разряд. Основным параметром аккумулятора является его емкость. Она измеряется количеством электричества, которое аккумулятор может отдать в процессе пятичасового разряда.

Напряжение при заряде и продолжительность заряда больше, чем при разряде. Энергии для заряда аккумулятора требуется примерно в 2 раза больше, чем энергия, которую он способен отдать при разряде. При температуре свыше 30 и ниже 0° С емкость аккумулятора уменьшается. Особенно это заметно при температуре ниже минус 15—25° С. Аккумулятор представляет собой сосуд с электролитом, в который опущены два электрода. При заряде ток протекает от положительно заряженного электрода к отрицательно заряженному, при разряде ток протекает в обратном направлении.

В зависимости от материала электродов и состава электролита аккумуляторы подразделяют на кислотные и щелочные (название по электролиту). На электровозах устанавливают никель-кадмиевые щелочные аккумуляторы, которые имеют больший срок службы, менее чувствительны к тряске и толчкам и лучше выдерживают короткие замыкания (из-за большего внутреннего сопротивления). Щелочные аккумуляторы имеют напряжение при разряде 1,25—1,1 В, достаточно стабильное по мере их разряда. Чтобы обеспечить необходимое напряжение (50 В на отечественных электровозах и 48 В на электровозах ЧС4) несколько аккумуляторов соединяют последовательно, образуя батарею. На электровозах ВЛ80^г аккумуляторная батарея 42НК-125 состоит из 42 щелочных никель-кадмиевых элементов, емкость ее 125 А·ч; на электровозах ЧС4 установлена также никель-кадмиевая щелочная батарея НКТ-160 из 40 элементов, имеющих емкость 160 А·ч.

В стальном корпусе 9 аккумулятора (рис. 229) расположен отрицательный электрод, выполненный в виде блока 11 с пятью ламельными пластинами, и положительный электрод в виде блока 10 с шестью ламельными пластинами. Активная масса 8 в виде порошка помещается в узких прямоугольных металлических пакетах-ламелях 7, имеющих большое число отверстий, через которые в пакеты проникает электролит. Такая конструкция электродов обеспечивает большую поверхность соприкосновения активной массы с электролитом. Для улучшения контакта между ламелями и активной массой в нее добавляется проводящий материал (например, чешуйчатый гра-

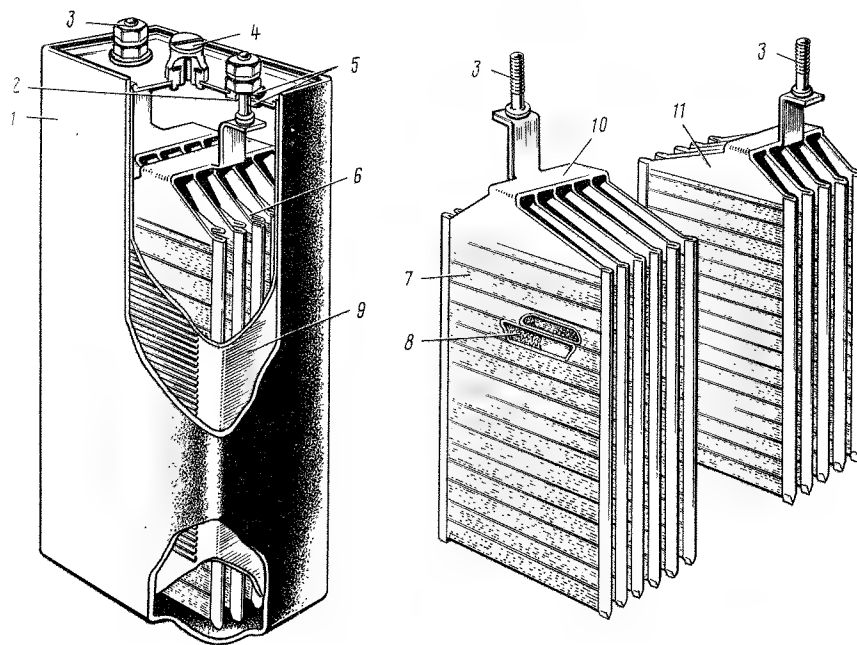


Рис. 229. Аккумулятор

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

§ 77. Основные понятия

фит). Каждый блок имеет шпильку, которая является выводом аккумулятора; кроме того, с помощью шпильки блок крепится к верхнему основанию корпуса.

Между пластинами одного блока предусмотрен просвет, достаточный для размещения в нем пластин второго блока. В собранном аккумуляторе положительные и отрицательные пластины расположены через одну. Положительные и отрицательные пластины изолированы одна от другой эбонитовыми палочками 6. Выводные шпильки 3 проходят сквозь крышку корпуса через изоляционные втулки 5. Для обеспечения герметичности соединения уплотняют кольцом 2. Блок 10 соединен непосредственно с корпусом аккумулятора. Изоляцией корпуса служит резиновый чехол 1. Отверстие для заливки электролита, расположенное между выводами, закрыто пробкой 4.

В качестве электролита никель-кадмиевых аккумуляторов применяют составной калиево-литиевый или натриево-литиевый электролит плотностью $1,17—1,28 \text{ г/см}^3$ в зависимости от температуры электролита. При температуре воздуха от -20 до $+50^\circ \text{C}$ рекомендуется применять электролит плотностью $1,17—1,21 \text{ г/см}^3$, при более сильных морозах плотность электролита должна быть повышена до $1,25—1,28 \text{ г/см}^3$. Если электровоз длительное время находился в резерве в условиях низких температур, то рекомендуется компрессором для поднятия токоприемника не пользоваться, а осуществить для этого подачу сжатого воздуха, например, от электровоза, находящегося в рабочем состоянии.

Аккумуляторы помещают в металлический ящик с открывающейся верхней крышкой. Внутренняя поверхность ящика покрыта щелочестойкой эмалью. Ящик имеет три патрубка: для подвода проводов, подсоединения трубки, по которой отводится щелочь, и газоотвода. Отвод газов необходим для предотвращения скопления взрывоопасной смеси. В аккумуляторе КН-125 вмещается 1,2 л электролита.

На электровозах ЧС4 и ЧС4^т аккумуляторы по пять штук закладывают в деревянные блоки, которые устанавливают в двух металлических ящиках под кузовом электровоза. Деревянные блоки смонтированы на выдвижной раме, что облегчает обслуживание аккумуляторов в эксплуатации.

Электрические цепи объединяют в единую систему все электрическое оборудование, установленное на электровозе: тяговые двигатели, преобразовательный агрегат, пускорегулирующую, защитную и контрольно-измерительную аппаратуру, источники питания цепей служебного тока, аппараты управления и различные вспомогательные устройства. Графическое изображение электрических цепей называют электрической схемой. Цепи электровозов разделяют на следующие: высшего напряжения, силовые тяговых двигателей, цепи вспомогательных машин и устройств, цепи управления, цепи сигнализации и освещения.

Цепи высшего напряжения включают в себя токоприемники, разъединители токоприемников, высоковольтный разрядник, главный выключатель, высоковольтные обмотки тягового трансформатора, высоковольтный переключатель напряжения (на электровозах переменного тока с регулированием на стороне высшего напряжения) и некоторую другую аппаратуру, находящуюся под высоким напряжением контактной сети.

Силовые цепи объединяют тяговые двигатели, вторичные обмотки тягового трансформатора, выпрямительные установки, аппараты для регулирования напряжения (на электровозах переменного тока с регулированием на стороне низшего напряжения), сглаживающие реакторы, аппараты для изменения направления вращения якорей и регулирования возбуждения двигателей, защитную и другую вспомогательную аппаратуру.

Цепи вспомогательных машин и устройств содержат, помимо самих машин, обмотки собственных нужд тягового трансформатора, отопительные приборы, аппаратуру управления и защиты вспомогательных машин и устройств. От обмотки собственных нужд тягового трансформатора питание получают также блоки защиты выпрямительных установок (на электровозах с нелавинными вентилями), блоки автоматического управления реостатным торможением.

Цепи управления делят на цепи управления тяговыми двигателями, аппаратами высоковольтной и вспомогательных цепей.

Цепи управления тяговыми двигателями включают в себя контроллеры машиниста, обмотки двигателей привода групповых переключателей, низковольтные катушки электромагнитных вентилей, контакторов и других аппаратов, блок-контакты коммутирующей аппаратуры, промежуточные и защитные реле.

В цепи управления высоковольтными аппаратами, вспомогательными машинами и устройствами входят источники питания (аккумуляторные батареи, генераторы управления, статические преобразователи напряжения), регуляторы напряжения, катушки электромагнит-

ных контакторов, реле и вентилях, блок-контакты аппаратов управления и защиты вспомогательных цепей, кнопочные выключатели.

Цепи сигнализации и освещения содержат сигнальные лампы, катушки устройств, подающих звуковые сигналы, контакты реле и других аппаратов, подающих соответствующие сигналы на пульт управления электровоза, лампы освещения кабин, коридоров, машинных и аппаратных помещений, лампы буферных фонарей и прожекторов, кнопочные выключатели цепей освещения и сигнализации.

Классификация электрических цепей электровозов переменного тока зависит от системы и способа регулирования напряжения, типа применяемых выпрямителей и схемы выпрямления, числа тяговых двигателей и способа соединения их друг с другом, наличия и рода электрического торможения, особенностей конструкции электрических машин и аппаратов управления. На электровозах переменного тока, как известно, применяют две системы регулирования напряжения, питающего тяговые двигатели, и соответственно этому схемы электрических цепей делят на две группы: с регулированием на стороне высшего или на стороне низшего напряжения.

Схемы с регулированием на стороне низшего напряжения различают по способам регулирования. В зависимости от способов регулирования и методов перехода с одной ступени на другую применяют следующие силовые схемы:

с многоступенчатым контакторным регулированием напряжения, осуществляемым при помощи переходных реакторов, дополнительной секции вторичной обмотки трансформатора и переходных резисторов, вентильного перехода;

с плавным межступенчатым регулированием напряжения, осуществляемым путем бесконтактного перехода с использованием тиристоров или магнитных усилителей (транзисторов).

Наибольшее распространение на отечественных электровозах получило многоступенчатое контакторное регулирование напряжения при использовании переходных реакторов. Эта схема и применяемая в ней аппаратура освоены в производстве и в эксплуатации достаточно надежны. Однако для такого регулирования требуется сложный и громоздкий аппарат — переключатель ступеней с большим числом контакторных элементов, рассчитанных на коммутацию больших токов. Кроме того, дополнительные потери энергии в переходных реакторах снижают коэффициент полезного действия электровоза примерно на 0,5%.

Многоступенчатое регулирование напряжения при использовании дополнительной секции и переходных резисторов не имеет существенных преимуществ и получило ограниченное применение (электровозы серии ВЛ41). Многоступенчатое контакторное регулирование напряжения с вентильным переходом применяется на электропоездах переменного тока ЭР9. Оно существенно облегчает условия работы группового переключателя ступеней, так как позволяет обеспечить бестоковую коммутацию в процессе регулирования напряжения.

Плавное тиристорное регулирование напряжения, как правило, производят в пределах одной ступени (одной зоны). Глубокое плавное регулирование напряжения (от нуля до максимума) не применяют, так как при этом значительно снизился бы коэффициент

мощности и потребовались бы громоздкие устройства (в случае применения магнитных усилителей). Обычно при плавном регулировании напряжения предусматривают четыре ступени (зоны) регулирования, что позволяет уменьшить число выводов вторичной обмотки трансформатора, упростить его конструкцию и снизить массу.

В схеме с плавным межступенчатым регулированием напряжения и вентильным переходом в разветвлениях двух плеч выпрямительных мостов вместо управляемых диодов применяют тиристоры, что позволяет осуществить бестоковый переход с одной ступени регулирования на другую. Неразветвленные части плеч выпрямительных мостов комплектуют обычными неуправляемыми диодами.

Плавное межступенчатое регулирование напряжения с бесконтактным переходом принципиально является наиболее совершенным, так как позволяет осуществить бестоковую коммутацию, плавное регулирование напряжения в пределах каждой ступени, исключает необходимость в переключателе ступеней и переходных реакторах. Осуществление такой схемы оправдано при применении рекуперативного торможения, когда все вентили преобразовательной установки неизбежно должны быть управляемыми для обеспечения инверторного режима (электровозы ВЛ80^р).

В последнее время получила распространение система плавного регулирования напряжения с последовательным включением полупроводимых мостов и реостатным торможением (электровозы Сг1, ВЛ84). В таких системах у выпрямительных мостов два плеча неуправляемые (диодные) и два управляемые (тиристорные). Плавное регулирование напряжения при этом осуществляется тиристорами управляемых плеч моста.

Плавное межступенчатое регулирование напряжения с помощью магнитных усилителей осуществлено на ряде зарубежных электровозов (главным образом в Англии). На отечественных электровозах оно не применяется, так как магнитные усилители для электровозов большой мощности представляют собой громоздкие и тяжелые аппараты.

На электровозах двойного питания можно регулировать напряжение, подводимое к тяговым двигателям с помощью пусковых резисторов, включаемых в цепь двигателей, и последовательно-параллельного переключения последних, как это обычно делается на электровозах постоянного тока. Такое регулирование осуществляется в режиме работы электровоза как на постоянном, так и на переменном токе. При работе электровоза двойного напряжения на участках переменного тока можно было бы осуществить ступенчатое регулирование напряжения вторичной обмотки трансформаторов. Однако применять две системы регулирования напряжения на одном электровозе нецелесообразно. Отечественные электровозы двойного питания (ВЛ61^а, ВЛ82^м), как и большинство таких зарубежных электровозов, выполнены с регулированием напряжения на стороне постоянного тока в обоих режимах работы. Это позволяет иметь минимальное количество пускорегулирующей аппаратуры и не секционировать вторичную обмотку тягового трансформатора.

Все электровозы переменного тока как в Советском Союзе, так и за рубежом в настоящее время оборудуются полупроводниковыми преобразователями.

Почти все современные электровозы выполнены с индивидуальным приводом от тяговых двигателей к колесным парам, за исключением некоторых зарубежных электровозов, где применена групповая система с передачей мощности от одного тягового двигателя на две или три оси.

Число осей электровозов (или секций электровоза), как правило, определяет количество тяговых двигателей в силовой схеме (четырёх-, шести- или восьмимоторные схемы). На электровозах переменного тока в нормальных режимах тяговые двигатели соединены параллельно.

По способу питания двигателей различают схемы силовых цепей блочные (каждый двигатель получает питание от отдельного выпрямительного блока) и групповые (все двигатели или их группа имеют одну общую цепь питания).

В блочных схемах в случае выхода из строя одного из выпрямительных блоков можно отключить его и соответствующий двигатель. Электровоз при этом будет продолжать работать на остальных двигателях с той же скоростью движения, но с уменьшенной силой тяги. Такая схема дает определенную гибкость в работе и повышенную «живучесть» электровозов при условии, что электровоз имеет соответствующий резерв мощности по силе тяги.

Когда электровозы достаточно полно используют по силе тяги, более целесообразно применять групповую схему питания тяговых двигателей. При этом, как правило, имеют две выпрямительные установки на электровозе. Предусматривают возможность в случае выхода из строя одной из них подключать все тяговые двигатели к второй, неповрежденной. При этом двигатели переключают в две последовательно включенные группы с половинным напряжением на коллекторе каждого из них. Общий суммарный ток, потребляемый одной выпрямительной установкой, сохраняется таким же, как и при нормальном режиме работы. Скорость движения будет соответственно меньше, однако ее можно увеличить, используя более высокие ступени регулирования и ослабления возбуждения тяговых двигателей. Групповая система питания тяговых двигателей более устойчива в противобоксовочном отношении, и ее преимущественно применяют на отечественных электровозах переменного тока.

Ранее отечественные электровозы переменного тока выпускали без электрического торможения, так как системы такого торможения для них не были достаточно отработаны и, кроме того, требовалось устанавливать дополнительное оборудование, что вызывало определенные трудности с его размещением в кузове электровоза и обеспечением необходимых весовых показателей. За последние годы значительные достижения в области полупроводниковой техники позволили осуществить электрическое торможение на электровозах переменного тока. Выпущена большая партия электровозов ВЛ80^Р с рекуперативным торможением, которые успешно эксплуатируются на участках с тяжелым профилем. Серийно выпускаются электровозы ВЛ80^Т с реостатным торможением и независимым возбуждением двигателей в тормозном режиме. Управление режимом реостатного торможения осуществляется специальными блоками автоматики. В электрических цепях установлены дополнительные

устройства, обеспечивающие осуществление электрического торможения, а также взаимосвязь его с пневматическим торможением.

Некоторые конструктивные особенности тяговых двигателей, вспомогательных машин и коммутирующей аппаратуры, а также условия их работы на электровозах переменного тока обуславливают соответствующие схемные решения.

Существенное влияние на построение схемы силовых цепей, а также цепей управления электровозов переменного тока оказывают особенности коммутирующих аппаратов, с помощью которых осуществляется регулирование напряжения тяговых двигателей, а также тип привода этих аппаратов. Коммутирующие аппараты выполняют в виде групповых переключателей или в виде индивидуальных контакторов, иногда используют совместно те и другие. В случае применения групповых переключателей привод их может быть выполнен либо электропневматическим, либо электродвигательным.

На электровозах переменного тока преимущественно используют систему вспомогательных машин с трехфазными асинхронными короткозамкнутыми двигателями, которые питаются от синхронного расщепителя фаз. Последний двумя фазами подключен к вспомогательной обмотке тягового трансформатора. Запуск расщепителя фаз производят, включая генераторную фазу через резистор на один из выводов вспомогательной обмотки. Такая система вспомогательных машин принята на всех отечественных электровозах переменного тока.

На электровозах серий ЧС4 применена система вспомогательных машин постоянного тока низкого напряжения (250 В); питание к вспомогательным машинам поступает от вспомогательной обмотки тягового трансформатора через специальный полупроводниковый выпрямительный блок. Исключение составляют двигатели насосов масляного охлаждения (небольшой мощности), которые выполнены в виде однофазных асинхронных машин с конденсаторным пуском.

Изображение всех элементов на схемах электрических цепей обычно выполняют в соответствии с определенными требованиями. Так, элементы, а также блок-контакты аппаратов изображают в исходном положении, т. е. при нулевой позиции рукояток контроллера, группового переключателя ступеней, положении реверсора *Вперед*, выключенных кнопочных выключателей и выключателях управления.

Около графических обозначений аппаратов и блок-контактов дают условные буквенные обозначения или соответствующий номер аппарата. Цифры над блок-контактами группового переключателя означают номера позиций, на которых они замкнуты.

Провода цепей управления, обозначенные буквой Э с цифрой (Э1, Э2 и т. д.) или знаком «-», идут в межэлектровозные или межсекционные соединения, а провода, обозначенные буквой Н с цифрой (Н1, Н2 и т. д.), соединяют аппараты и приборы только внутри электровоза (или секции) и не выведены в межэлектровозные (или межсекционные) соединения. Номера проводов и аппаратов, поставленные на схемах в скобках, относятся к одноименным проводам и аппаратам на втором посту управления электровоза, например Н1 (Н2), 223 (224) и т. д. Аппараты с нечетными номерами соответствуют посту управления № 1, а с четными — посту управления № 2.

§ 78. Построение цепей высшего напряжения и силовых цепей

Цепи высшего напряжения электровозов переменного тока различных серий имеют много общего. Все они содержат аппаратуру токоъема: токоприемники, разъединители токоприемников, высоковольтные разрядники, главные воздушные выключатели, первичные обмотки тяговых трансформаторов, трансформаторы тока счетчиков электрической энергии. Кроме того, как правило, в этих цепях предусмотрены дроссели для подавления радиопомех.

Отличия цепей высшего напряжения обусловлены некоторой спецификой конструктивного исполнения электровозов различных серий.

Так, различие в схемах цепей высшего напряжения электровозов ВЛ60^к и ВЛ80 всех индексов определяется тем, что восьмиосные электровозы выполнены двухсекционными, каждая секция имеет свою цепь высшего напряжения с одним токоприемником, причем цепи двух секций соединены межсекционным высоковольтным кабелем и дополнительным разъединителем. Таким образом, цепи двух секций электровоза соединены параллельно и могут питаться от токоприемника каждой секции или от двух токоприемников одновременно. Дополнительный высоковольтный разъединитель, установленный на одной из секций, позволяет в случае необходимости отключить цепь высшего напряжения любой секции.

Электровозы ЧС4 выполнены с регулированием напряжения на первичной стороне тягового трансформатора. Это обусловило соответствующие особенности в схеме цепей высшего напряжения. В нее, кроме первичной, входит регулировочная обмотка трансформатора, а также высоковольтный переключатель ступеней с контакторным устройством и переходными резисторами.

Силовые цепи электровозов переменного тока обеспечивают: понижение высокого напряжения переменного тока до необходимого значения; его регулирование от минимального до максимального значения (на электровозах с регулированием на стороне низшего напряжения); преобразование переменного тока в постоянный пульсирующий; сглаживание пульсирующего тока, а в случае необходимости регулирование возбуждения двигателей и изменение направления их вращения. Силовые цепи содержат соответствующее этим функциям силовое оборудование и коммутирующую аппаратуру, а кроме того, аппаратуру для защиты силового оборудования от токов коротких замыканий, перегрузок, коммутационных перенапряжений, пробоя на землю и измерительные приборы, позволяющие контролировать ток и напряжение тяговых двигателей.

Силовые цепи, как правило, позволяют осуществить как нормальный, так и аварийный режим работы электровоза. Для этой цели предусматривают устройства, которые дают возможность в случае необходимости отключить поврежденное силовое оборудование (один или несколько тяговых двигателей, одну из выпрямительных установок, а на двухсекционных электровозах — силовые цепи одной из секций) и обеспечивают работу электровоза без отключенного оборудования с некоторым ограничением силы тяги или скорости. При этом возможно форсировать работу тяговых двигателей, приме-

няя более высокие ступени регулирования напряжения и ослабления возбуждения. Силовые цепи содержат аппаратуру для питания тяговых двигателей от источника низкого напряжения при вводе электровоза в депо, а также устройства для подавления помех в магистральной и поездной радиосвязи.

Схемы силовых цепей электровозов переменного тока ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т, ЧС4, хотя и выполняют одинаковые функции, отличаются исполнением ряда узлов.

Напряжение контактной сети до необходимого значения понижается тяговыми трансформаторами, установленными на этих электровозах. Вторичные обмотки трансформаторов на электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^р, ВЛ80^т секционированы, а на электровозах ЧС4 не секционированы. Регулирование напряжения на электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к и ВЛ80^т производится на вторичной обмотке тягового трансформатора с помощью группового переключателя ступеней ЭКГ-8 по совершенно одинаковым схемам, на электровозах ВЛ80^р — с помощью тиристорно-инверторного преобразователя, а на электровозе ЧС4 и ЧС4^т — на первичной стороне тягового трансформатора с помощью высоковольтного переключателя ступеней.

Преобразование переменного тока в постоянный пульсирующий на всех указанных электровозах производится с помощью полупроводниковых выпрямительных установок по двухполупериодной мостовой схеме выпрямления. На электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к и ВЛ80^т выпрямительные установки выполнены по одной принципиальной схеме. Здесь выпрямительные мосты имеют два разомкнутых плеча, что позволяет с помощью одного группового переключателя ступеней получить большое количество ступеней регулирования напряжения при одинаковом среднем напряжении на зажимах двигателей на всех позициях. На электровозах ВЛ80^р применена мостовая схема преобразователя с восьмью плечами, позволяющая получить практически неограниченное число позиций плавного регулирования напряжения. На электровозах ЧС4 выпрямительные установки собраны по схеме моста.

Сглаживание пульсаций выпрямленного тока на всех электровозах производится сглаживающими реакторами, включенными последовательно с тяговыми двигателями. Сглаживающий реактор может быть включен последовательно с группой двух (на ВЛ80) или трех (на ВЛ60^к) параллельно соединенных двигателей. На электровозах ЧС4 в цепь каждого тягового двигателя последовательно включен сглаживающий реактор, благодаря чему при отключенных двигателях сглаживание пульсаций тока остается таким же, как и в нормальном режиме. На электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т и ВЛ80^р при отключении одного или двух двигателей сглаживание пульсаций тока будет несколько хуже, чем в нормальном режиме.

Схемы регулирования возбуждения тяговых двигателей на электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^р и ЧС4 имеют некоторые особенности. На электровозах ЧС4 в цепи ослабления возбуждения двигателей не установлены индуктивные шунты. На отечественных электровозах индуктивные шунты, установленные в цепи ослабления возбуждения, защищают тяговые двигатели при переходных процессах в режиме ослабленного возбуждения, так как исключают возможность резких бросков тока в цепи якоря.

С целью уменьшения пульсаций магнитного потока главных полюсов тяговых двигателей предусматривают в цепи каждого двигателя резисторы, шунтирующие обмотки возбуждения,—так называемые постоянные шунты. Их выбирают обычно исходя из того, что через эти шунты должно ответвляться 2—5% постоянной составляющей тока тягового двигателя. Ввиду того что катушки главных полюсов имеют значительное индуктивное сопротивление, практически вся переменная составляющая тока или ее значительная часть будет протекать, минуя катушки главных полюсов, через постоянный шунт.

Характерной особенностью схемы силовых цепей электровозов переменного тока с полупроводниковыми выпрямителями является наличие в цепи якоря каждого тягового двигателя линейного контактора. Это обусловлено тем, что после отключения выпрямительной установки от питающего напряжения сохраняется контур для достаточно длительного протекания тока тягового двигателя под действием запасенной в нем электромагнитной энергии по цепи: якорь двигателя, резисторы, шунтирующие обмотки главных полюсов, вентили плеч выпрямительных мостов, для которых направление тока двигателя является проводящим, якорь двигателя. Поэтому для быстрого отключения тягового двигателя, с тем чтобы исключить возможность образования указанной цепи, последовательно с его якорем устанавливают линейный контактор.

Изменение направления вращения тяговых двигателей на всех электровозах осуществляют с помощью реверсивного переключателя обмоток возбуждения.

Малая перегрузочная способность полупроводниковых вентилях по току и высокая чувствительность их к перенапряжениям обуславливают необходимость применения в силовых цепях достаточно быстродействующих защитных устройств, ограничивающих аварийные токи и перенапряжения, а также время их действия до минимальных значений.

§ 79. Цепи управления

На всех электровозах, эксплуатируемых на железных дорогах Советского Союза, принята однопроводная система цепей управления постоянного тока напряжением 50 В. В качестве источников питания этих цепей применяют специальные генераторы управления (электровозы ВЛ60^к) либо статические преобразователи переменного тока в постоянный (электровозы ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^с, ВЛ80^р, ЧС4). При неработающих генераторах управления, а также в процессе подготовки электровоза к работе питание цепей управления производится от аккумуляторной батареи.

Аккумуляторные батареи нормально работают в режиме постоянного подзаряда от генератора управления или от статического преобразователя. Поскольку цепи управления выполнены однопроводными, обратным проводом от потребителей электроэнергии к источникам питания служит металлическая конструкция кузова электровоза. Поэтому обратные провода всех цепей управления и потребителей постоянного тока 50 В, как и выводы «—» источников

питания, соединены с «землей» (корпус электровоза). Напряжение цепи управления 50 В поддерживается постоянным (допустимы отклонения $\pm 1,5$ В) с помощью регулятора напряжения.

Для управления работой источников питания на электровозах предусматривают специальный распределительный щит.

Существуют различные схемы питания цепей управления в зависимости от того, какое исполнение источника питания использовано на электровозе.

На всех электровозах применено дистанционное управление аппаратами силовой цепи тяговых двигателей с помощью контроллера машиниста. Управление же аппаратами высоковольтной цепи и вспомогательных цепей электровоза, как правило, производится с помощью рычажных кнопочных выключателей, расположенных в кабинах машиниста, а также в машинных помещениях.

Схема управления силовой цепью обеспечивает выполнение различных режимов ведения поезда (пуск, разгон, регулирование скорости движения, электрическое торможение). Обычно схему управления строят так, что обеспечивается необходимая гибкость в регулировании скорости движения электровоза: быстрый сбор цепей и разбор их, движение электровоза под током, без тока на выбеге, в тормозном режиме.

Пуск и регулирование скорости на электровозах переменного тока можно осуществлять вручную. Предусмотрено и автоматическое выполнение этих операций—набор или сброс позиций производится автоматически каким-либо аппаратом без непосредственного участия в этом машиниста.

В процессе пуска и разгона электровоза до необходимой скорости ток в тяговых двигателях не должен превосходить значения, допустимого по условиям сцепления. Поэтому при ручном пуске, переходя с одной позиции на другую, машинист должен следить за показаниями приборов. Если пуск осуществляется автоматически, то либо ток в цепи тяговых двигателей контролируется специальным токовым реле ускорения, либо производится хронометрический пуск. В последнем случае машинист должен следить за показаниями амперметров в цепи двигателей, а в случае необходимости прекратить автоматический набор позиций и зафиксировать желаемую позицию.

В силу этого на электровозах переменного тока контроллеры машиниста, которые являются основными командными аппаратами управления, имеют ряд позиций—фиксированных положений главной рукоятки.

Для всех электровозов переменного тока общими являются следующие требования. Необходимо, чтобы всегда строго и четко выполнялись команды, которые подают контроллером машиниста. Так, при постановке рукоятки контроллера в положение *Ручной пуск* или *Ручное выключение* должен происходить набор или сброс только на одну позицию, не должно быть произвольного «проскакивания» позиций. Необходимо также, чтобы цепи разбирались, если рукоятка установлена на нулевую позицию.

При постановке рукоятки на позиции набора не должно происходить сброса позиций регулирования, и наоборот. Когда в цепях управления имеются неисправности, во всех случаях не должно происходить произвольного набора позиций регулирования.

Направление движения электровоза должно соответствовать положению реверсивной рукоятки контроллера. Необходимо, чтобы соблюдался правильный режим работы преобразовательного агрегата (функционирование системы охлаждения тягового трансформатора и выпрямительной установки), были исключены резкие броски тока при пуске, обеспечен сбор схемы только на нулевой позиции переключателя ступеней трансформатора, исключена возможность работы под током аппаратов без дугогасительных устройств.

Чтобы выполнить эти требования, обычно применяют специальные реле и системы электрических блокировок, обеспечивающие требуемые взаимозависимости в работе электрических аппаратов управления силовой цепью электровоза.

Схемы управления силовой цепью электровозов переменного тока выполняют следующие функции: реверсирование обмоток возбуждения двигателей; приведение в действие выпрямительной установки; создание замкнутой цепи двигателей — включение линейных контакторов, если они предусмотрены (электровозы ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т); приведение в действие группового переключателя ступеней и управление им; синхронизация групповых переключателей ступеней двух секций одного электровоза или двух электровозов, работающих по системе многих единиц; ослабление возбуждения тяговых двигателей.

Рассмотрим применительно к электровозу ВЛ60^к те общие приемы, которые использованы в схемах управления с целью обеспечения выполнения указанных выше функций.

Переключение обмоток возбуждения тяговых двигателей осуществляют реверсивными переключателями, цепь катушек вентилей которых замыкают контакторные элементы реверсивного вала контроллера (рис. 230). При постановке реверсивной рукоятки в положение *Вперед* и главной рукоятки в одно из рабочих положений под напряжением оказываются провод 32 и катушки 63вп и 64вп. При этом реверсивные переключатели 63 и 64 становятся в положение *Вперед*, а если они ранее находились в этом положении, то фиксируются в нем. При постановке реверсивной рукоятки в положение *Назад* реверсивные переключатели становятся в положение *Назад*, переключая обмотки возбуждения тяговых двигателей.

Когда реверсивные переключатели займут положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки контроллера машиниста, оказываются замкнутыми блок-контакты *63вп* и *64вп* (или *63наз* и *64наз*) в цепи проводов *Э2* и *Н5* (или *Э3* и *Н5*). Последние подводят напряжение к катушкам линейных контакторов.

Катушки линейных контакторов 41—46 получают питание по цепи: Э2 (или Э3), блок-контакты реверсивных переключателей 63вп, 64вп (или 63 наз, 64 наз), провод Н5, блок-контакты контактора 136 масляного мотор-насоса, блок-контакты ГПО и далее по двум параллельным цепям: первая цепь — блок-контакты контакторов 129, 131 мотор-вентиляторов охлаждения выпрямительной установки, переключателя выпрямительной установки 47к, отключателей тяговых двигателей ОД1—ОД3, катушки линейных контакторов 41—43, корпус электровоза; вторая цепь — блок-контакты контакторов 132, 134, переключателя 48к, отключателей ОД4—ОД6, катушки линейных контакторов 44—46, корпус электровоза.

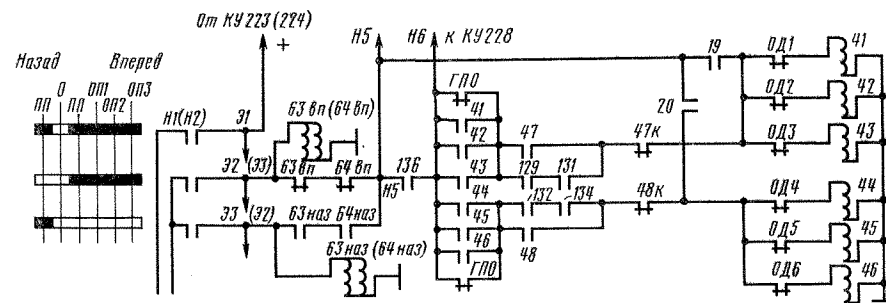


Рис. 230. Схема цепи управления реверсивными переключателями и линейными контакторами электровоза ВЛ60^к

Таким образом, линейные контакторы включатся и, следовательно, силовая схема будет собрана лишь в том случае, когда реверсивные переключатели занимают положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки контроллера (это исключает вероятность разрыва цепи под током контакторными элементами реверсивного переключателя, которые не имеют дугогасительных устройств); групповой переключатель ступеней находится на нулевой позиции; включены контакторы мотор-насоса масляного охлаждения трансформатора и мотор-вентиляторов охлаждения выпрямительной установки.

При повороте группового переключателя ступеней с нулевой позиции на 1-ю и последующие его блок-контакты ГПО разомкнутся, и в дальнейшем питание катушек линейных контакторов будет производиться через замыкающие блок-контакты линейных контакторов 41—43, 44—46. Таким образом обеспечивается работа выпрямительной установки, а следовательно, и силовых цепей в целом только при действующих системах охлаждения.

Групповой переключатель ступеней приводится в действие серводвигателем постоянного тока с параллельной обмоткой возбуждения с питанием от цепи управления 50 В. Для управления серводвигателем *СМ* предназначены контакторы 208 и 206 (рис. 231).

Поясним, как производится управление серводвигателем применительно к электровозу ВЛ60^к. Напряжение в цепь серводвигателя подается от распределительного щита 210 по проводу Н49 через

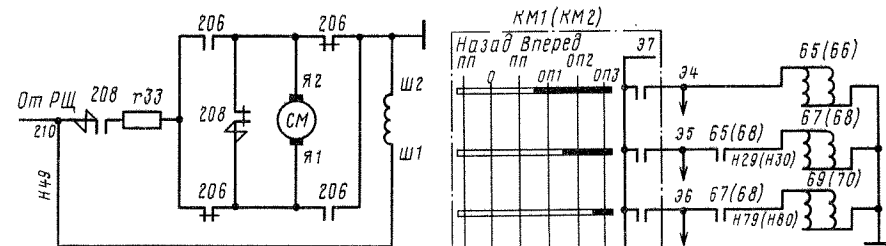


Рис. 231. Схема включения серводвигателя ЭКГ на ВЛ60^к

Рис. 232. Схема цепи питания контактов ослабления возбуждения

состоит из параллельно соединенных катушки индуктивности и конденсаторов. Изменяя емкость конденсаторов, фильтр настраивают на резонанс токов при частоте, на которой работает поездная радиосвязь (2,13 МГц). Этим самым предотвращается поступление помех, идущих от цепей электровоза в контактную сеть. При включенном главным выключателе и поднятом токоприемнике по первичной обмотке тягового трансформатора протекает ток, обусловленный нагрузкой силовой и вспомогательной цепей. Когда цепи тяговых двигателей и вспомогательные цепи разомкнуты, по первичной обмотке тягового трансформатора протекает незначительный ток холостого хода.

Если по цепи высшего напряжения и, следовательно, через стержень проходного изолятора ГВ будет протекать ток, превышающий ток уставки (250 ± 25 А), главный выключатель выключится и разорвет цепь первичной обмотки трансформатора.

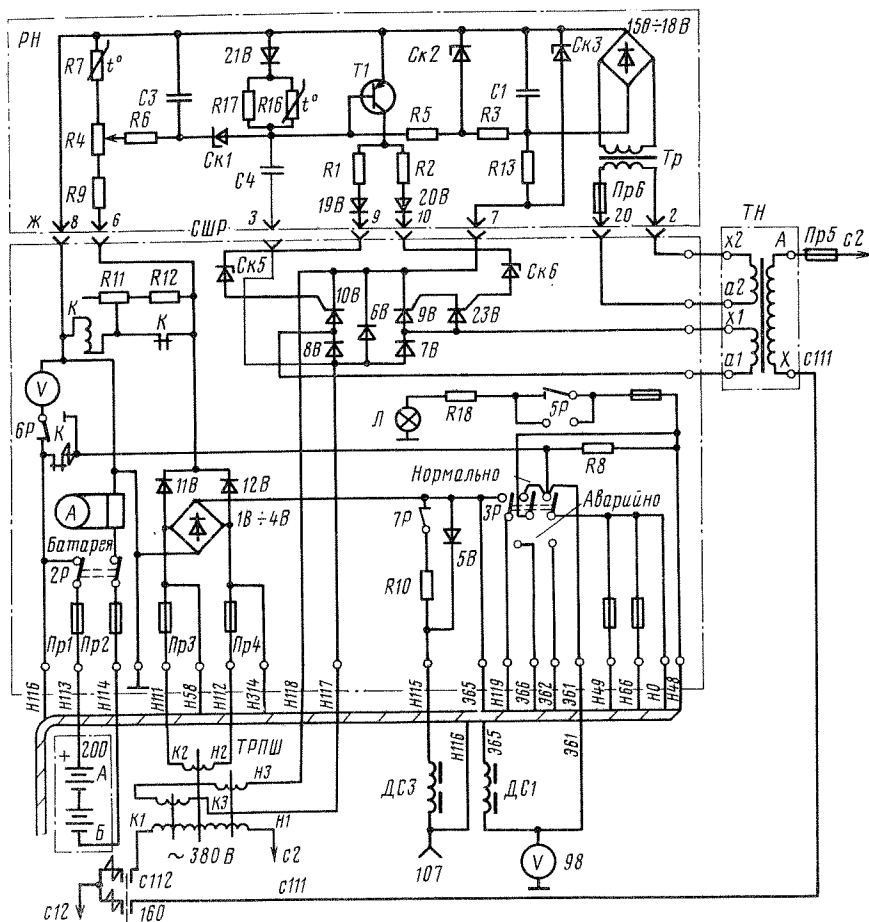


Рис. 234. Схема источников питания цепей управления электровоза ВЛ80¹

Все высоковольтное оборудование, входящее в цепь высшего напряжения, за исключением тягового трансформатора, расположено на крыше электровоза.

Источники питания цепей управления. На каждой секции электровоза ВЛ80¹ предусмотрены в качестве источника питания аккумуляторная батарея и статический преобразователь напряжения типа ТРПШ, преобразующий напряжение 380 В переменного тока в 50 В постоянного.

Чтобы привести в действие цепи управления электровоза, необходимо включить источники питания. На распределительном щите 210 (рис. 234) включается рубильник 2Р (аккумуляторной батареи), а трехполюсный переключатель 3Р переводится в верхнее положение Нормально. При этом напряжение от аккумуляторной батареи подается в цепи управления по следующим проводам: НО, Н48, Н49, Н66, Н116 и Э61.

По проводу Э61 напряжение подается к вольтметру 98 цепи управления, по проводу Н116 к низковольтной розетке 107, по проводу Н48 к автоматическому выключателю ВА19 Розетки (см. рис. 240), от него по проводу Н50 получают питание низковольтные розетки 279—284, 291—293, 296 и 297.

По проводу НО напряжение подается на блок автоматов 215 (см. рис. 240), а также к автоматическим выключателям ВА18 (2-я секция электровоза), ВА20, ВА21 и ВА22 блока автоматов 216.

Блок автоматов 215 содержит автоматические выключатели ВА1—ВА12, с помощью которых напряжение подается на соответствующие кнопки кнопочных выключателей (КУ) 223 (по проводам Н46, Н1, Н250, Н150), 224 (по проводам Н47, Н170), 225 (по проводам Н122, Н146, Н156, Н140, Н175), 233 (по проводу Н175). От распределительного щита по проводу Н49 напряжение подается в цепь серводвигателя СМ (рис. 235): к его обмотке возбуждения непосредственно, а к якорю—через контактор 208. Следует отметить, что цепи серводвигателя питаются на каждой секции электровоза от своего источника питания в отличие от остальных цепей управления, питание которых для обеих секций производится от одного общего источника,—как правило, от источника ведущей секции электровоза.

По проводу Н66 напряжение подводится к кнопке Компрессор пантографа кнопочного выключателя 227 (см. рис. 240), которая подает питание на вспомогательный мотор-компрессор. Создается возможность для запуска этого компрессора, а также для подачи сжатого воздуха в цилиндр токоприемника и в резервуар главного воздушного выключателя.

Благодаря этому создается возможность поднять токоприемник электровоза и подать высокое напряжение (25 кВ) на электровоз.

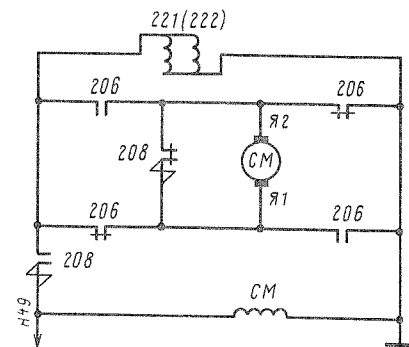


Рис. 235. Схема питания цепи серводвигателя ЭКГ-8

Включить статический преобразователь ТРПШ можно лишь тогда, когда включен главный выключатель и на вспомогательную обмотку тягового трансформатора подано напряжение.

Цепи управления токоприемниками. Прежде чем поднять токоприемник, необходимо двери высоковольтных камер закрыть. Автоматические выключатели ВА1—ВА12 и ВА20—ВА22 на блоках автоматов 215 и 216 (см. рис. 240) должны быть включены.

После этого включают кнопки *Пантографы* и *Пантограф задний* (или *Пантограф передний*) на кнопочном выключателе 223 (рис. 236). При этом от автоматического выключателя *Пантографы* (ВА1) (см. рис. 240) напряжение 50 В по проводу Н46 подается к кнопке *Пантографы* кнопочного выключателя 223 (см. рис. 236) и далее по проводу Э15 через блок-контакты 19 и 20 к катушке защитного электропневматического вентиля 104. Возбужденный вентиль пропускает сжатый воздух через пневматические блокировки закрытых дверей к клапанам токоприемников 245, катушки которых получают питание через контакты промежуточного реле 248 от кнопки *Пантограф передний* (или *Пантограф задний*) по проводам Э16 (или Э17). Провода Э16 и Э17 перекрещиваются в межсекционных соединениях, что обеспечивает подъем переднего или заднего токоприемника при включении соответствующей кнопки на КУ из любой кабины электровоза.

Реле 248 обеспечивает возможность подъема токоприемника только в том случае, если закрыты двери высоковольтных камер и переключатель вспомогательной цепи 111 и разъединитель 126 находятся в соответствующих положениях на обеих секциях электровоза. Так, катушка промежуточного реле 248 получает питание по следующей цепи: провод Э16, выпрямители 383, провод Э107, контакты реле давления 232, контакты разъединителя 126 1-й секции, провод Э35, межсекционное соединение, провод Э35, контакты разъединителя 126 2-й секции, контакты реле давления 232 2-й секции, контакты переключателя режимов ПР-Р, катушка реле 248, корпус электровоза.

Таким образом, катушка реле 248 может получить напряжение в том случае, если в обеих секциях электровоза разъединители 126 включены, переключатели режимов (ПР) установлены в положение, соответствующее рабочему режиму, и замкнуты контакты реле давления 232, которые контролируют блокирование дверей высоковольтных камер.

Реле давления 232 в пневматической цепи находится после пневматических блокировок штор (дверей) ПБ1 и ПБ2 высоковольтной камеры. Если двери и шторы высоковольтной камеры не заблокированы, пневматические блокировки закрывают доступ сжатому воздуху к реле давления и оно своими контактами прерывает цепь питания катушек реле 248 обеих секций электровоза. Подъем токоприемников в этом случае невозможен. Если необходимо поднять токоприемник в одной секции, не подавая воздух в пневматическую систему другой секции (реле 232 отключено), то контроль за блокированием дверей и штор высоковольтной камеры этой секции осуществляется блокировочным устройством 235, контакты которого шунтируют контакты реле давления 232 в цепи питания катушки промежуточного реле 248.

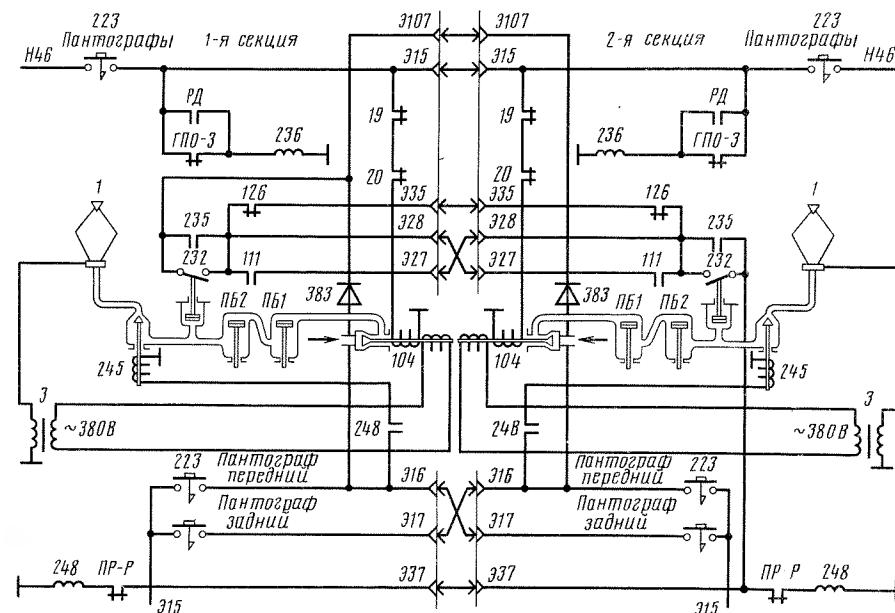


Рис. 236. Схема управления токоприемниками электровоза ВЛ80¹

Замкнуть контакты блокировочного устройства 235 возможно, используя ключи, вынутые из замков дверей высоковольтной камеры только тогда, когда они закрыты. Эти ключи вставляют в замки блокировочного устройства 235 и поворачивают на 90°, т. е. устанавливают ручку этого устройства в положение *Реле давления шунтировано*. Включение контактов устройства 235 возможно ключами замков дверей высоковольтной камеры только своей секции.

При включении кнопки *Пантографы* на кнопочном выключателе 223 (см. рис. 236) получает питание катушка реле 236 по проводу Э15 через размыкающие блок-контакты ГПО-3. Реле 236 своими контактами размыкает цепь отключающего электромагнита переменного тока главного выключателя (см. рис. 239) на первых трех позициях ЭКГ, исключая возможность ложного срабатывания ГВ при запаздывании включения реле 21, 22.

После того как один из токоприемников электровоза поднят и подано напряжение 25 кВ на электровоз, следует включить главный воздушный выключатель (ГВ).

Цепи управления главным выключателем. Для того чтобы включить главный выключатель, нужно возбудить его удерживающую катушку 4уд и кратковременно подать напряжение на включающую катушку 4вкл (рис. 237). С этой целью на кнопочном выключателе 223 включают кнопку *Выключение ГВ* и держат нажатой кнопку с самовозвратом *Включение ГВ* и *возврат реле*. При этом катушка 4уд получает напряжение по цепи: провод Н46, кнопка *Пантографы*, кнопка *Выключение ГВ*, провод Н88, контактный элемент контроллера, замкнутый на всех позициях, кроме БВ, провод Э13, контакты

реле 248, провод Н72, контакты ГПО, контакты реле времени 204, реле заземления 88, реле перегрузки вспомогательной цепи 113, реле перегрузки выпрямительной установки возбуждения РТВ1, реле максимального тока главного выключателя РМТ, удерживающая катушка 4уд, контакты реле давления РД, корпус электровоза. Цепь питания удерживающей катушки главного выключателя 4уд создается в том случае, если замкнуты контакты всех защитных реле в ее цепи и закрыты двери высоковольтной камеры, групповой переключатель ступеней находится в нулевом положении и давление сжатого воздуха в резервуаре ГВ не ниже 549 кПа (5,6 кгс/см²).

Напряжение на катушку 4вкл главного выключателя подается по цепи: провод Н46, кнопка Пантографы, кнопка Включение ГВ и возврат реле, провод Э14, контакты реле 248, контакты ГПО, размыкающие контакты реле 207, контакты блокировочного переключателя БП, размыкающие контакты главного выключателя 4, включающая катушка 4вкл, контакты реле давления РД, корпус электровоза. Напряжение на включающую катушку может быть подано только в том случае, если закрыты двери высоковольтных камер, групповой переключатель ступеней находится в нулевом положении, а блокировочный переключатель — в положении Тяга, давление в резервуаре ГВ не ниже 549 кПа. Наличие в цепи катушки 4вкл размыкающих контактов промежуточного реле 207 исключает возможность «звонковой» работы ГВ, т. е. повторного включения и отключения.

От провода Н86 получает питание катушка реле 207 через контакты главного выключателя 2—5 и 7—8. Как только главный выключатель включится, эти контакты замкнутся, возбудится катушка 207. Когда реле 207 сработает, разомкнутся его контакты в цепи включающей катушки 4вкл и одновременно замкнутся его замыкающие контакты в цепи своей катушки, которая будет получать питание через эти контакты до тех пор, пока нажата кнопка Включение ГВ и возврат реле.

Поэтому в случае, если главный выключатель будет включаться на короткое замыкание при нажатии кнопки Включение ГВ и возврат реле, не произойдет его повторного включения до тех пор, пока указанная кнопка не будет отпущена и повторно включена.

При включении кнопки Выключение ГВ на кнопочном выключателе 223 одновременно с катушкой 4уд главного выключателя по параллельным цепям от провода Н72 получают питание следующие защитные аппараты:

катушки 21 и 22 быстродействующего дифференциального реле БРД по цепи: провод Н72, резисторы r_{34} и r_{35} , катушки реле 21 и 22, корпус электровоза; в момент включения резисторы r_{34} и r_{35} шунтированы контактами реле 207, которые в дальнейшем размыкаются, и в цепь вводятся указанные резисторы;

катушка реле времени 204 по цепи: провод Н72, контакты ГПноз1, катушка реле 204, корпус электровоза;

катушка промежуточного реле 264 по цепи: провод Н72, контакты ГПО, контакты реле 21 и 22, реле перегрузки РП1, РП2, РП3, РП4, катушка реле 264, корпус электровоза.

Когда групповой переключатель ступеней находится не на нулевой позиции и его контакты ГПО разомкнуты, катушка реле 264

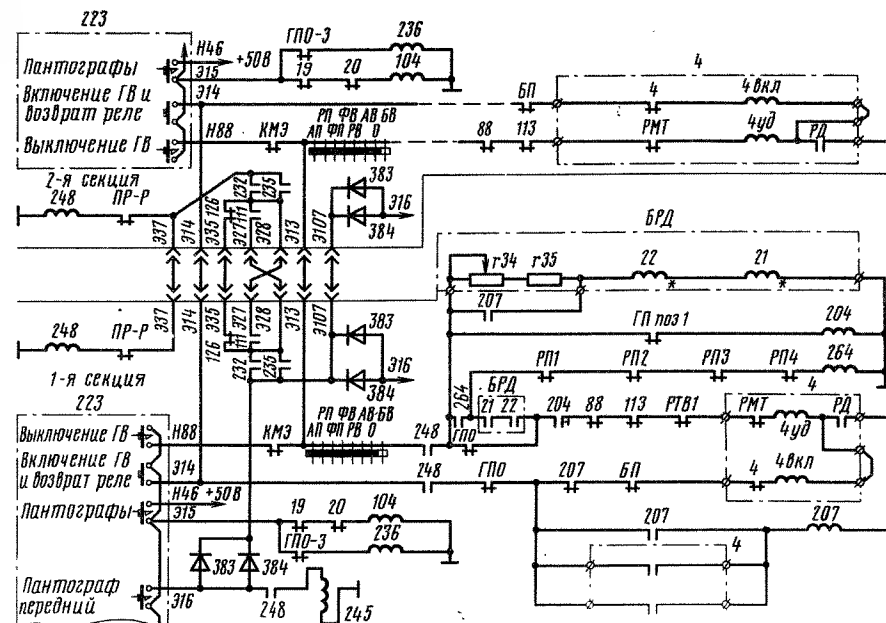


Рис. 237. Схема управления главными выключателями электровоза ВЛ80¹

получает питание через свои замыкающие контакты 264, а удерживающая катушка главного выключателя — от провода Н72 через контакты реле 264, 21 и 22.

Питание удерживающей и включающей катушек главного выключателя на 2-й секции электровоза производится по проводам Э13 и Э14 через межсекционное соединение по аналогичным цепям.

Таким образом, включаются главные воздушные выключатели (ГВ) на обеих секциях электровоза, подавая напряжение 25 кВ на первичные обмотки тяговых трансформаторов по следующей цепи: токоприемник 1, катушка помехоподавляющего дросселя ДП (см. рис. 233), разьединитель токоприемника 2, контакты главного выключателя 4, катушка фильтра 10, высоковольтный ввод трансформатора тока ТТ, первичная обмотка тягового трансформатора, измерительный трансформатор тока 23, земля. При этом под напряжением будут также и вторичные обмотки: тяговая и вспомогательная. Это позволяет привести в действие статический преобразователь ТРПШ, вспомогательные машины и другие вспомогательные цепи электровоза.

От автоматического выключателя Включение РЩ (ВА22) блока автоматов 216 (см. рис. 240) напряжение по проводу Н110 подается на катушку контактора 160. Включившись, этот контактор подает напряжение 380 В переменного тока от вспомогательной обмотки тягового трансформатора на первичные обмотки преобразователя ТРПШ (по проводам С2—С112) и трансформатора ТН (по проводам С2—С111), питающего цепи распределительного щита 210 (см. рис. 234).

§ 82. Вспомогательные цепи и управление ими

Обмотка собственных нужд имеет четыре выхода: x , $a5$, $a4$ и $a3$. Напряжение холостого хода при номинальном напряжении (25 кВ) на первичной обмотке составляет 232 В между выводами x - $a5$, 406 В между выводами x - $a4$ и 638 В между выводами x - $a3$.

К потребителям однофазного тока с номинальным напряжением 380 В относятся: расщепитель фаз *ФР*; трансформатор *ТРПШ*, регулируемый подмагничиванием шунтов, являющийся основным элементом статического преобразователя переменного тока 380 В в постоянный ток 50 В для питания цепей управления; трансформатор *ТН*, питающий цепи распределительного щита; трансформаторы напряжения 77 и 112; нагревательные элементы печей обогрева кабины машиниста 173—177; калорифер обогрева лобовых стекол 196; обогреватели санузла 179 и 180; вентиль защиты 104; вольтметр 97, контролирующий напряжение контактной сети; катушка отключающего электромагнита ГВ, которая получает питание через контакты реле 236, резистор *Р41* и контакты дифференциальных реле 21 и 22; реле контроля земли 123; блок управления реостатным тормозом *БА*; блок измерения *БИ*. К трансформатору напряжения 77 подсоединена цепь защиты силовых цепей от замыкания на землю (реле заземления 88). От трансформатора напряжения 112 (рис. 238) получают питание сельсин-датчик *СД* и указатель позиций *УП*.

Потребителями трехфазного тока являются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором: *МВ1, МВ2*—вентиляторов охлаждения тяговых двигателей 1—4; *МВ3, МВ4*—вентиляторов охлаждения выпрямительных установок, радиаторов тягового трансформатора и сглаживающих реакторов; *МН*—масляного насоса системы охлаждения тягового трансформатора; *МК*—компрессора. Мотор-вентиляторы *МВ3* и *МВ4* в режиме *Торможение* охлаждают тормозные резисторы. Переключение потока воздуха от вентилято-

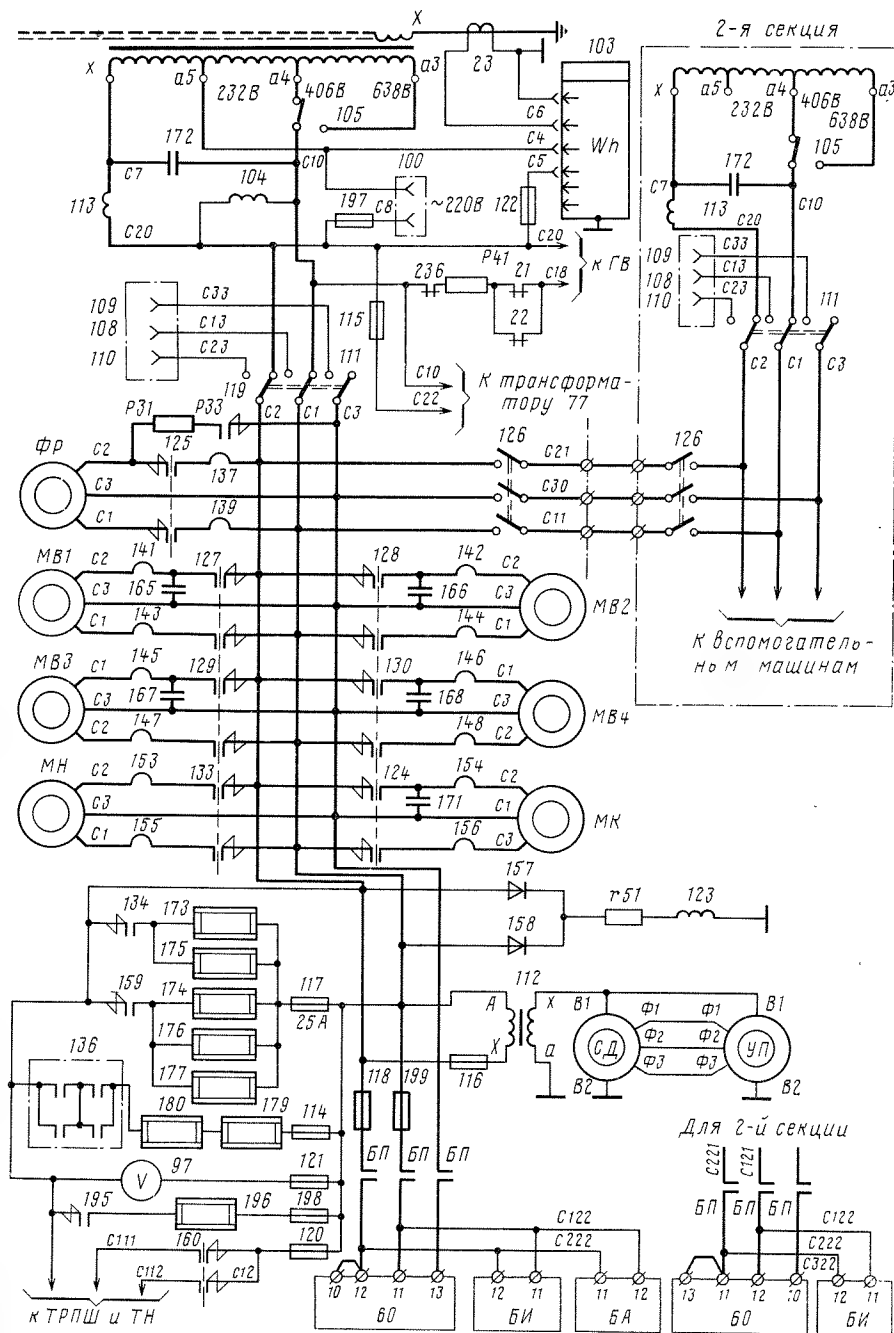


Рис. 238. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ80^Г

ров на охлаждение тормозных резисторов производится поворотными заслонками устройства переключения воздуха с дистанционным электропневматическим приводом.

Питание блока управления выпрямительной установкой возбуждения производится также трехфазным напряжением 380 В. Питание блока автоматики БА, блока измерения БИ и блока управления выпрямительной установкой возбуждения 60 осуществляется через предохранители 118, 199 и контакты блокировочного переключателя БП, замкнутые только в положении *Торможение*.

Для обеспечения необходимой фазировки питания трехфазным напряжением схема включения блока управления 60 различна в 1-й и 2-й секциях электровоза. Расцепитель фаз включается контактором 125; при запуске в цепь генераторной фазы расцепителя фаз контактором 119 вводятся резисторы Р31—Р33.

Обмотка собственных нужд тягового трансформатора и генераторная (пусковая) фаза расцепителя фаз образуют трехфазную систему, от которой получают питание цепи вспомогательных машин. Схема вспомогательной цепи электровоза предусматривает возможность отключения неисправного расцепителя фаз и питания вспомогательных цепей двух секций электровоза от одного расцепителя фаз и одной обмотки вспомогательных нужд. Для этого необходимо отключить обмотку собственных нужд переключателем вспомогательных цепей 111 в той секции, где неисправен расцепитель фаз, установив переключатель в среднее положение, а разъединители 126 включить на обеих секциях. При этом образуется схема резервирования вспомогательных цепей.

Переключатель вспомогательной цепи 111 имеет три фиксированных положения. Верхнее положение ножей разъединителя является рабочим, при этом вспомогательные машины и другие потребители получают питание от обмотки собственных нужд трансформатора. Среднее положение ножей соответствует режиму резервирования расцепителя фаз, при этом блок-контакты разъединителя 111 исключают возможность включения контакторов 119 и 125 и, следовательно, поврежденный расцепитель фаз не может быть включен на напряжение. При среднем и верхнем положениях ножей переключателя 111 розетки 108—110 отключены от вспомогательных цепей, поэтому случайное прикосновение к ним не может вызвать поражения электрическим током обслуживающего персонала. Поэтому нет необходимости специально блокировать розетки 108—110.

В нижнем положении ножей переключателя 111 вспомогательные цепи отключены от обмотки собственных нужд трансформатора и подключены к розеткам 108—110 для питания от трехфазной сети депо напряжением 380 В. В депо для этого должен быть предусмотрен трехполюсный контактор К1 (рис. 239), в цепь катушки которого включается установленная под кузовом электровоза розетка 295. Включение контактора К1 и, следовательно, питание вспомогательной цепи одной из секций электровоза от сети депо 380 В возможно только, если разъединитель 126 выключен, а шторы и двери высоковольтной камеры закрыты. Этим предотвращается возможность попадания обслуживающего персонала под напряжение как в 1-й, так и во 2-й секции электровоза.

Если осуществляется резервирование питания вспомогательной цепи двух секций от вспомогательной обмотки тягового трансформатора одной секции, т. е. когда отключен на одной секции переключатель 111 (см. рис. 238) и включены оба разъединителя 126, то в этом случае питание катушки промежуточного реле 248 осуществляется через контакты 111 по проводам Э27 и Э28 (см. рис. 236).

При повреждении одной из питающих тяговых подстанций напряжение контактной сети в ее зоне может снизиться до 12 кВ. Для обеспечения нормальной работы вспомогательных машин в этом случае на обмотке собственных нужд тягового трансформатора предусмотрен дополнительный вывод а3 (см. рис. 238), используемый только при снижении напряжения и подключаемый переключателем 105. Нормальное положение переключателя 105 — включение на вывод а4 (нижнее положение).

Мотор-компрессор МК, мотор-вентиляторы МВ1—МВ4 и мотор-насос МН включаются двухполюсными контакторами 124, 127—130, 133. При включении контакторов вводятся дополнительные конденсаторы 165—168, 171 между линейной и генераторными фазами, облегчающие запуск и условия работы двигателей в результате улучшения симметрии трехфазной системы.

Для защиты от перегрузок в цепи двух фаз каждой вспомогательной машины включены тепловые реле 137, 139, 141—148, 153—156, при размыкании контактов которых отключаются соответствующие контакторы.

Вся вспомогательная цепь в целом защищается от перегрузок токовым реле 113, воздействующим на отключение главного выключателя электровоза. Прежде чем привести в действие вспомогательные цепи электровоза, должны быть установлены в рабочее положение переключатели 111 и 105. Необходимо также включить кнопки вспомогательных машин Компрессор, Вентилятор 1, Вентилятор 2, Вентилятор 3, Вентилятор 4 и Мотор-насос трансформатора на кнопочных выключателях 226 и 227 параллельной работы, расположенных в машинных помещениях электровоза (рис. 240).

В первую очередь необходимо привести в действие расцепители фаз, от которых питаются все остальные трехфазные вспомогательные машины.

Цепи управления расцепителями фаз. Для того чтобы привести в действие расцепители фаз, необходимо включить кнопку Фазорасцепитель на кнопочном выключателе 224 (см. рис. 240). При этом получает питание катушка пускового контактора 119 по цепи: провод Э18, контакты переключателя 111, контакты реле оборотов 249,

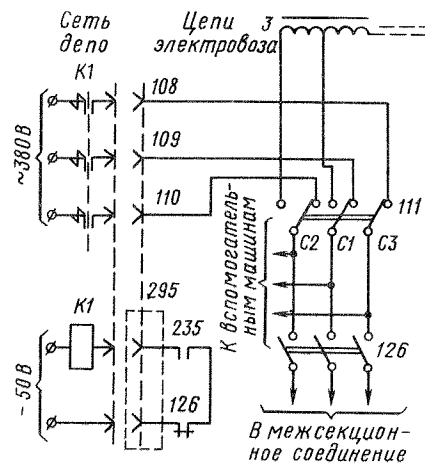


Рис. 239. Схема цепей питания вспомогательных машин от сети депо

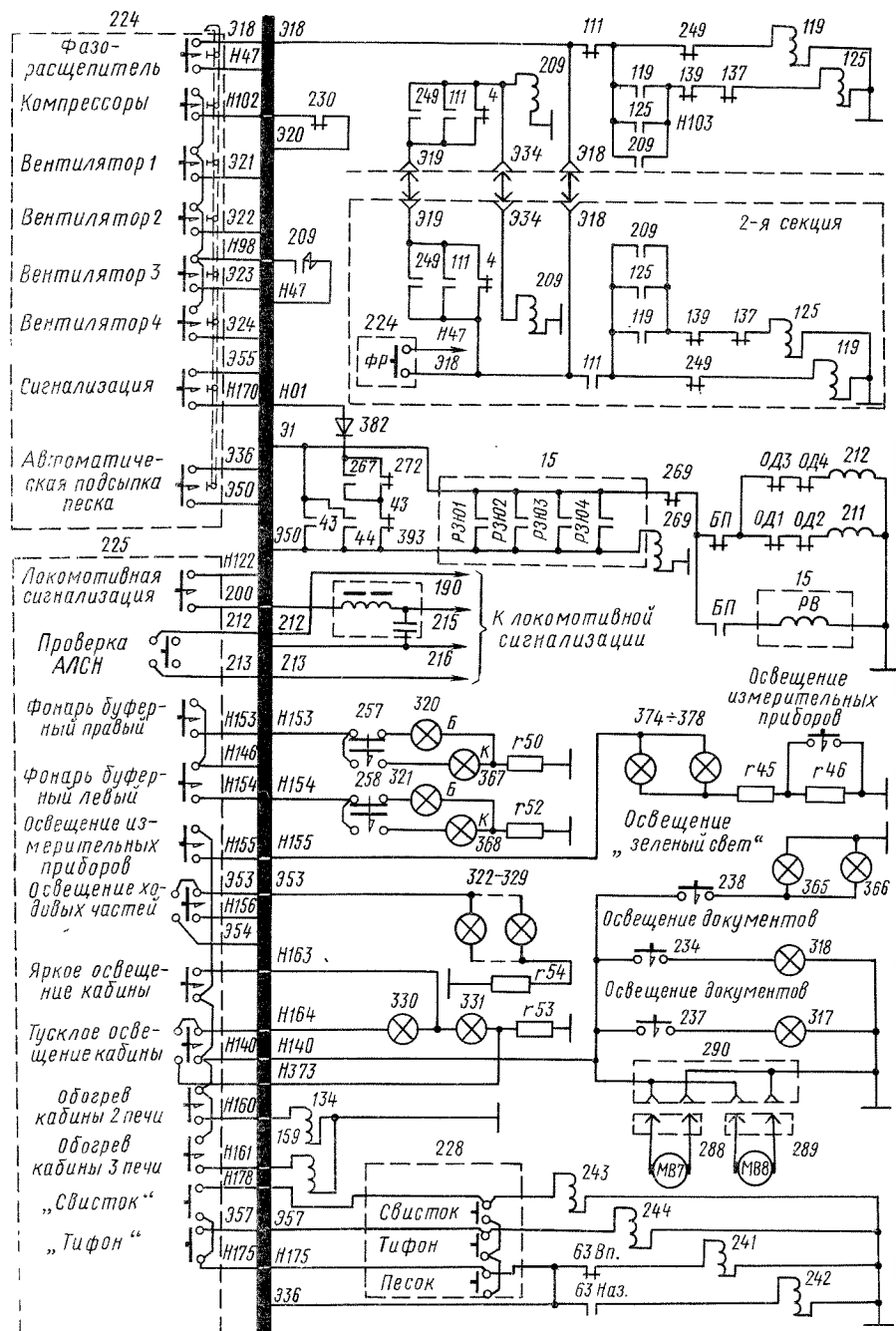
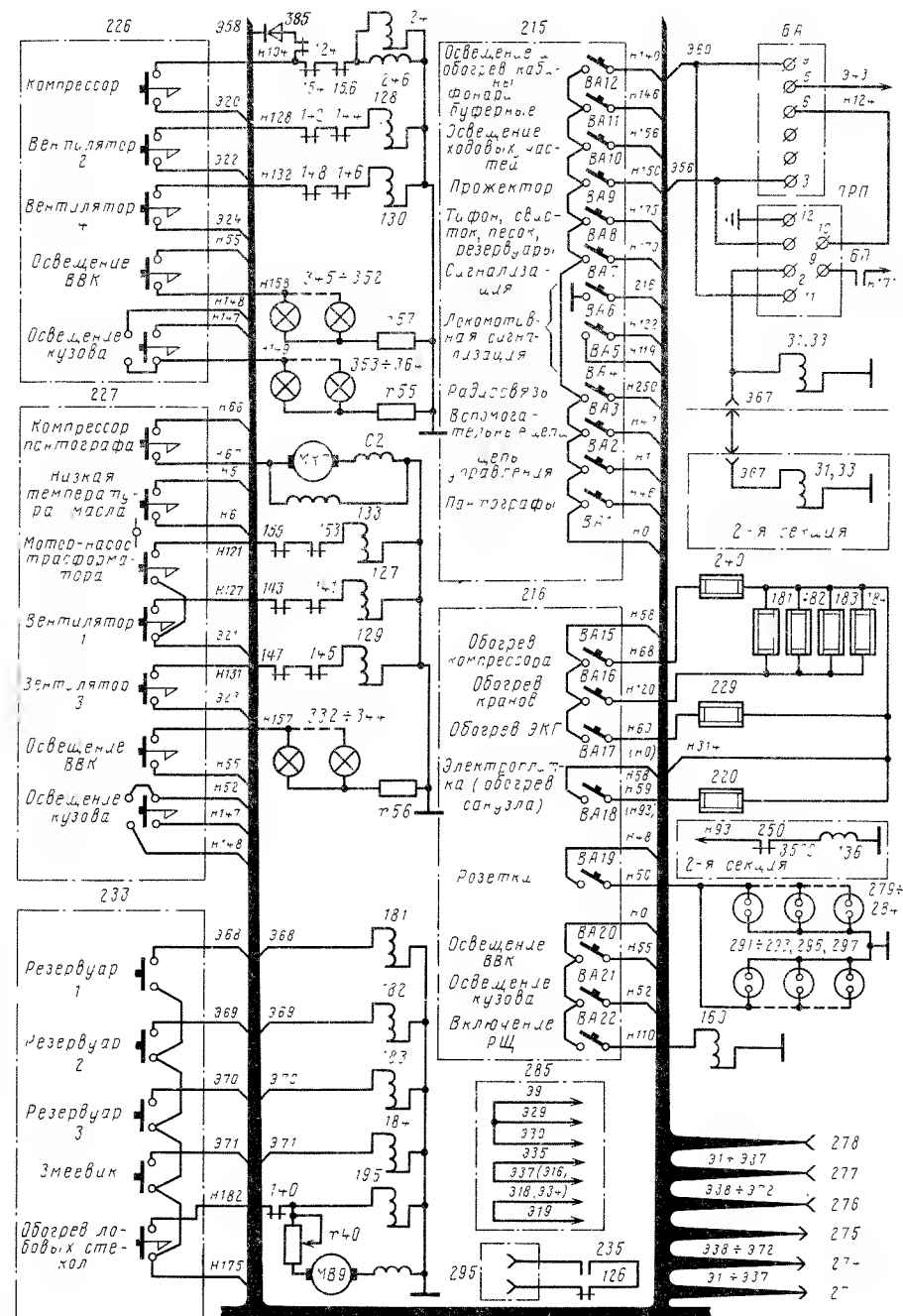


Рис. 240. Схема управления



вспомогательными цепями электровоза ВЛ80¹

катушка контактора 119, корпус электровоза. Контактор 119 включается и вводит в цепь пусковой фазы расцепителя резистор $P31—P33$ (см. рис. 238). Включение контактора 119 сопровождается замыканием его блок-контактов в цепи катушки контактора 125 (см. рис. 240). При этом катушка контактора 125 сначала получает питание по цепи: провод Э18, контакты переключателя 111, блок-контакты контактора 119, контакты тепловых реле 139 и 137, катушка контактора 125, корпус электровоза. Включается контактор 125, замыкаются его блок-контакты в цепи проводов $H101—H103$, через которые получает питание катушка контактора 125 после отключения контактора 119.

Таким образом, обеспечивается последовательность включения пускового контактора 119 и включающего контактора 125. После включения контактора 125 приходит в действие расцепитель фаз. После разгона ротора расцепителя фаз до частоты вращения, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов 249. Размыкающие контакты этого реле разрывают цепь питания катушки контактора 119, который отключает пусковые резисторы $P31—P33$. Питание цепей управления расцепителями фаз 2-й секции производится по проводу Э18 через межсекционное соединение и одновременно с расцепителями фаз 1-й секции аналогично описанному выше.

После разгона ротора расцепителя фаз 2-й секции до частоты вращения, близкой к синхронной, размыкающие контакты реле оборотов 249 двух секций электровоза создают последовательную цепь питания катушек контакторов 209: провод Э18 1-й секции, межсекционное соединение, провод Э18 2-й секции, контакты реле оборотов 249 на 2-й секции, провод Э19 2-й секции, межсекционное соединение, провод Э19 1-й секции, контакты реле оборотов 249, катушка контактора 209, корпус электровоза.

Контакторы 209 в обеих секциях включаются и подают питание от провода $H47$ на кнопки вспомогательных машин кнопочного выключателя 224. Этим обеспечивается возможность включения вспомогательных машин только после запуска расцепителей фаз, т. е. образования системы трехфазного переменного напряжения 380 В.

Контакты реле оборотов 249 в цепи питания катушек контактора 209 в каждой секции электровоза могут быть шунтированы контактами переключателя 111 и главного выключателя 4. Это позволяет осуществлять питание цепей управления вспомогательными машинами, если на одной из секций не работает расцепитель фаз и питание вспомогательных цепей двух секций производится от одного расцепителя фаз по схеме разервирования. В этом случае на той секции, где не работает расцепитель фаз, отключается переключатель 111 и включаются разъединители 126 на обеих секциях.

Если на одной из секций выключен главный выключатель, его размыкающие блок-контакты 4 (1—12) шунтируют в этой секции контакты реле оборотов 249, что сохраняет цепь питания катушек контактора 209 и соответственно возможность управления вспомогательными машинами 2-й, исправной секции электровоза.

При подходе к нейтральной вставке отключаются все вспомогательные машины, в том числе и расцепители фаз. После проезда нейтральной вставки роторы расцепителей фаз долго вращаются по

инерции, при этом частота вращения оказывается больше уставки реле оборотов, равной 1100 об/мин, при которой контакты реле возвращаются в исходное положение. Катушки контакторов 119 отключены размыкающими контактами реле оборотов. Включение расцепителей фаз после проезда нейтральной вставки осуществляют кнопкой *Фазорасцепитель*, не ожидая переключения контактов реле оборотов. В этом случае катушки контакторов 209 получают питание через замыкающие контакты реле 249. Контакторы 209 включаются и своими блок-контактами в цепи проводов $H101—H103$ подают напряжение на катушки контакторов 125. Контакторы 125 включаются и производят запуск уже вращающихся расцепителей фаз без включения пусковых резисторов $P31—P33$.

Цепи управления мотор-компрессорами. Чтобы привести в действие компрессоры, необходимо на кнопочном выключателе 224 (см. рис. 240) включить кнопку *Компрессоры*. При этом получит питание катушка контактора 124 по следующей цепи: автоматический выключатель $BA3$ блока автоматов 215, провод $H47$, контакты контактора 209, провод $H98$, кнопка *Компрессоры* кнопочного выключателя 224, контакты регулятора давления 230, провод Э20, кнопка *Компрессор* кнопочного выключателя 226, провод $H104$, контакты тепловых реле 154 и 156, катушка контактора 124, корпус электровоза. Контактор 124 включится и приведет в действие мотор-компрессор *МК* (см. рис. 238).

Для облегчения запуска компрессора применен разгрузочный клапан 246, выпускающий воздух в атмосферу из участка напорной магистрали при выключенном компрессоре. Катушка разгрузочного клапана 246 включена параллельно катушке контактора 124 (см. рис. 240), так что эти катушки возбуждаются одновременно. Питание к катушке контактора 124 2-й секции электровоза подается проводом Э20 через межсекционное соединение по цепи, аналогичной описанной выше.

Если по какой-либо причине на одной из секций электровоза необходимо отключить мотор-компрессор, то следует выключить на этой секции кнопку *Компрессор* на кнопочном выключателе (КУ) параллельной работы 226 (см. рис. 240). При этом, несмотря на то, что кнопка *Компрессоры* на КУ 224 ведущей секции электровоза включена и на провод Э20 подается напряжение, контактор 124 на той секции, где выключена кнопка *Компрессор*, не будет включаться.

Цепи управления мотор-вентиляторами. Для управления мотор-вентиляторами на КУ 224 (см. рис. 240) предусмотрены четыре кнопки: *Вентилятор 1*, *Вентилятор 2*, *Вентилятор 3* и *Вентилятор 4*. Аналогичные кнопки имеются также на кнопочных выключателях параллельной работы 226 и 227, расположенных в машинном помещении каждой секции. Эти кнопки нормально должны быть включены и отключаются лишь в том случае, если на одной из секций по какой-либо причине необходимо отключить один из мотор-вентиляторов, например в случае его неисправности. Управление же мотор-вентиляторами производится кнопками выключателя 224, расположенного у пульты машиниста ведущей секции. Так, нажимая кнопку *Вентилятор 1*, включается контактор 127, приводящий в действие мотор-вентилятор *МВ1*. Катушка контактора 127

получает питание по следующей цепи: провод *H47*, контакты контактора *209*, кнопка *Вентилятор 1* кнопочного выключателя *224*, провод *Э21*, кнопка *Вентилятор 1* кнопочного выключателя *227*, провод *H127*, контакты тепловых реле *143* и *141*, катушка контактора *127*, корпус электровоза.

Аналогичным образом управляют остальными мотор-вентиляторами. Катушки контакторов, приводящих в действие мотор-вентиляторы на 2-й ведомой секции электровоза, получают питание по проводам *Э21*, *Э22*, *Э23* и *Э24* через межсекционные соединения.

Цепи управления мотор-насосами. Включение в работу мотор-насосов тяговых трансформаторов производится одновременно с включением мотор-вентиляторов *МВ1* с помощью кнопки *Вентилятор 1* на кнопочном выключателе *224*. Предварительно на обеих секциях электровоза должны быть включены кнопки *Мотор-насос трансформатора* на кнопочных выключателях *227*, расположенных в машинных помещениях. При этом включаются контакторы *133*, приводящие в действие мотор-насосы *МН*.

Катушка этого контактора получает питание по следующей цепи: провод *H47*, контакты контактора *209*, провод *H98*, кнопка *Вентилятор 1*, провод *Э21*, контакты кнопки *Мотор-насос трансформатора* на кнопочном выключателе *227*, провод *H121*, контакты тепловых реле *155* и *153*, катушка контактора *133*, корпус электровоза. Катушка контактора *133* на 2-й секции получает питание по аналогичной цепи от провода *Э21* через межсекционное соединение.

Если температура масла трансформатора становится, например зимой, ниже -15°C , мотор-насос в работу включать нельзя, пока не разогреется масло под воздействием нагрева обмотки трансформатора. При этом кнопки *Мотор-насос трансформатора* не включаются, а включаются кнопки *Низкая температура масла*, замыкающие провода *H5* и *H6*, что позволяет собрать схему управления силовыми цепями электровоза при неработающих мотор-насосах. Кнопки *Мотор-насос трансформатора* и *Низкая температура масла* заблокированы, что предотвращает одновременное их включение.

Управление вспомогательными устройствами. Помимо вспомогательных машин, вспомогательные цепи электровоза содержат электронагревательные печи *173—177* для обогрева кабин машиниста, обогреватели санузла *179—180*, нагреватель калорифера *196*, цепи питания статического преобразователя *ТРПШ* и распределительного щита РЩ. Все эти устройства питаются напряжением 380 В от обмотки вспомогательных нужд тягового трансформатора через переключатель *111* (см. рис. 238).

Печи разбиты на две группы: *173*, *175* и *174*, *176*, *177*, каждая из которых включается однополюсным контактором *134* или *159*. Для включения этих контакторов нужно замкнуть кнопки *Обогрев кабины*, *2 печи* или *Обогрев кабины*, *3 печи* на кнопочном выключателе *225* (см. рис. 240). При этом катушки контакторов получают питание по следующей цепи: провод *H0* (от РЩ), контакты автоматического выключателя *ВА12* блока автоматов *215*, провод *H140*, контакты кнопок *Обогрев кабины* на кнопочном выключателе *225*, провод *H160*, (или *H161*), катушки контакторов *134* или *159*, корпус электровоза.

Обогреватели санузла *179* и *180* (см. рис. 238) соединены последовательно и включаются контактами промежуточного реле *136*, расположенного на 2-й секции электровоза. Для того чтобы ввести в работу обогреватели санузла, следует включить автоматический выключатель *ВА18* во 2-й кабине (см. рис. 240). При этом катушка реле *136* получит питание по следующей цепи: провод *H0* (от РЩ), контакты автоматического выключателя *ВА18*, провод *H93*, контакты температурного реле *250*, замкнутые при температуре воды в баке санузла ниже 35°C , катушка реле *136*, корпус электровоза. Нагреватель калорифера *196* включается контактором *195*, для чего необходимо нажать кнопку *Обогрев лобовых стекол* на кнопочном выключателе *233*. При этом образуется следующая цепь: провод *H0*, контакты автоматического выключателя *ВА8* блока автоматов *215*, провод *H175*, контакты кнопки *Обогрев лобовых стекол*, провод *H182*, контакты термозащитного реле *140*, катушка контактора *195*, корпус электровоза.

При включении кнопки *Обогрев лобовых стекол* получает питание мотор-вентилятор *МВ9*, который подает теплый воздух от калориферов на стекла лобовых окон кабины. Если превышает заданная температура, расплавляется легкоплавкий сплав, соединяющий контакты термозащитных реле *140*, разрывая цепь питания катушки контактора *195*, и выключается нагреватель калорифера.

Цепи питания статического преобразователя *ТРПШ* и трансформатора *ТН*, питающего распределительный щит, включаются двухполюсным контактором *160* (см. рис. 238), управление которым производится с помощью автоматического выключателя *ВА22* на блоке автоматов *216* (см. рис. 240). Катушка контактора *160* получает питание по цепи: провод *H0* (от РЩ), контакты *ВА22*, провод *H110*, катушка контактора *160*, корпус электровоза.

§ 83. Управление вспомогательными цепями постоянного тока 50 В

К вспомогательным цепям постоянного тока напряжением 50 В относятся: цепи сигнализации, освещения, АЛСН, радиосвязь, цепи звуковых сигналов, обогрева компрессоров, кранов, ЭКГ, цепи клапанов песочниц, спускных клапанов резервуаров. Управление этими цепями производится с помощью кнопок на кнопочных выключателях, а также автоматическими выключателями, расположенными на блоках автоматов *215* и *216* (см. рис. 240).

В цепи сигнализации напряжение подается по проводу *H0* через автоматический выключатель *ВА7* блока автоматов *215*, провод *H170*, кнопку *Сигнализация* на выключателе *224*, провод *Э55*.

Кнопка *Радиосвязь* в кнопочном выключателе *223* (см. рис. 248), выполнена перекидной. Она не запирается замком кнопочного выключателя, что позволяет включать радиостанцию из любой секции электровоза. Схема включения радиостанции выполнена таким образом, что параллельная работа аккумуляторных батарей невозможна, если включены кнопки *Радиосвязь* на обеих секциях электровоза. Для сглаживания пульсаций в цепи питания радиостанции включен фильтр *189*.

Прожектор включается кнопками на кнопочном выключателе 223 *Прожектор тусклый свет* и *Прожектор яркий свет* (см. рис. 248). В цепь лампы прожектора постоянно введена часть резистора *r41*. Это позволяет снизить напряжение на лампе, что повышает срок ее службы.

Яркий свет прожектора обеспечивается путем шунтирования части резистора контактами кнопки *Прожектор яркий свет*.

Буферные фонари включаются кнопками на кнопочном выключателе 225 (см. рис. 240) и переключателями 257, 258, позволяющими включать левый и правый, красный и белый буферные фонари.

Электронагревательные приборы в кабине машиниста включают кнопками *Обогрев кабины, 2 печи* и *Обогрев кабины, 3 печи* на кнопочном выключателе 225. Наличие двух кнопок позволяет регулировать степень обогрева кабины.

К лампам освещения кабины машиниста, измерительных приборов, ходовых частей напряжение подводится проводом *H0* через автоматический выключатель *BA12* блока автоматов 215, провод *H140* и соответствующие кнопки освещения на кнопочном выключателе 225.

Цепи локомотивной сигнализации получают питание по проводу *H119* (от РЩ) через автоматический выключатель *BA5* блока автоматов 215, провод *H122*, кнопку *Локомотивная сигнализация* на кнопочном выключателе 225, провод 200, через панель фильтров АЛСН 190 локомотивной сигнализации, провод 216, автоматический выключатель *BA6*, корпус электровоза. В цепи радиосвязи напряжение подается по проводу *H0* через автоматический выключатель *BA4* блока автоматов 215, провод *H250*.

Цепи спускных клапанов 181—184 воздушных резервуаров и змеевика компрессора получают питание по проводу *H0* через автоматический выключатель *BA8* блока автоматов 215, провод *H175* и соответствующие кнопки кнопочного выключателя 223.

В цепи звуковых сигналов (свисток и тифон) напряжение подводится также по проводу *H175* через кнопки на кнопочном выключателе 225. Обогреватели компрессора 240, спускных кранов 181—184, группового переключателя 229 получают питание по проводу *H58* (от РЩ) и далее непосредственно через автоматические выключатели *BA15*, *BA16* и *BA17* блока автоматов 216. К клапанам песочниц 241 и 242 напряжение подается по проводу *H0* через автоматический выключатель *BA8*, провод *H175*, кнопку *Песок* кнопочного выключателя 228, провод *Э36*, контакты реверсивного переключателя 63. В зависимости от положения реверсивного переключателя (*Вперед* или *Назад*) возбуждается катушка клапана 241 или 242.

Если включить кнопку *Автоматическая подсыпка песка* на кнопочном выключателе 224, то при срабатывании реле боксования 43 или 44 его контакты замыкаются и создают цепь питания катушек клапанов песочниц 241 и 242: провод *H0* (от РЩ), автоматический выключатель *BA2* блока автоматов 215 (см. рис. 240), провод *H1*, контакты кнопки *Цепь управления* кнопочного выключателя 223 (см. рис. 248), провод *Э1*, контакты реле боксования 43 или 44 (см. рис. 240), провод *Э50*, контакты кнопки *Автоматическая подсыпка песка*, провод *Э36*, контакты 63вп (или 63наз), катушка клапана песочницы 241 (или 242), корпус электровоза.

После того как поднят токоприемник, включен главный выключатель, подано высокое напряжение на тяговый трансформатор, а также введены в работу вспомогательные машины и устройства электровоза, могут быть приведены в действие силовые цепи электровоза (рис. 241).

Силовая цепь одной секции электровоза содержит две группы тяговых двигателей по два параллельно включенных двигателя в каждой. К двигателям подводится напряжение от преобразовательной установки, состоящей из тягового трансформатора ОДЦЭ-5000/25Б и двух полупроводниковых выпрямительных установок 61 и 62 типа ВУК-4000Т, преобразующих переменный ток в пульсирующий постоянный.

Полупроводниковые выпрямительные установки, каждая из которых представляет собой выпрямительный мост, состоят из двух одинаковых полупроводниковых блоков, а блок в свою очередь содержит два плеча выпрямительного моста. Два плеча каждого из выпрямительных мостов выполнены разомкнутыми.

Выпрямительный мост 61 со стороны неразомкнутых плеч подключен к выводу *a1* полуобмотки *a1-01*, а со стороны разомкнутых плеч — одним плечом к выводу *a2* полуобмотки *02-a2*, а другим — к одному из выводов обмотки *1-01* (через переходный реактор 25). Аналогично подключен выпрямительный мост 62: со стороны неразомкнутых плеч — к одному из выводов обмотки *02-5* (через переходный реактор), со стороны разомкнутых плеч — одним плечом к выводу *a2* обмотки *02-a2*, а вторым — к одному из выводов обмотки *1-01* (через переходный реактор 25).

Каждая группа из двух параллельно включенных тяговых двигателей соединена с соответствующим выпрямительным мостом.

В один из полупериодов, когда э.д.с. во вторичных обмотках тягового трансформатора направлена от вывода *a1* к выводу *x1* и от вывода *x2* к выводу *a2* (см. рис. 242, а), ток обтекает последовательно обмотку трансформатора *a1-01*, плечо III—IV выпрямительного блока 62-1, группу тяговых двигателей 3 и 4, сглаживающий реактор 56, плечо II—I выпрямительного моста 62-2, обмотку трансформатора *02-a2*, плечо III—IV выпрямительного блока 61-1, тяговые двигатели 1 и 2, сглаживающий реактор 55, плечо II—I выпрямительного блока 61-2 и далее к выводу *a1* обмотки трансформатора. Таким образом, в указанный полупериод соединены последовательно обмотка трансформатора *a1-01*, тяговые двигатели 3, 4, обмотка трансформатора *02-a2*, тяговые двигатели 1, 2.

В следующий полупериод, когда э.д.с. изменяет направление во вторичных обмотках (см. рис. 242, б) выпрямительный мост 61 и тяговые двигатели 1 и 2 получают питание от обмотки трансформатора *01-a1*, а выпрямительный мост 62 и тяговые двигатели 3, 4 — от обмотки трансформатора *a2-02*.

На упрощенных силовых схемах (рис. 242) показано прохождение тока по цепи в различные полупериоды в зависимости от изменения направления э.д.с. во вторичной обмотке трансформатора. Изменение напряжения на одной из вторичных обмоток трансформатора вызывает соответствующее изменение выпрямленного напряжения

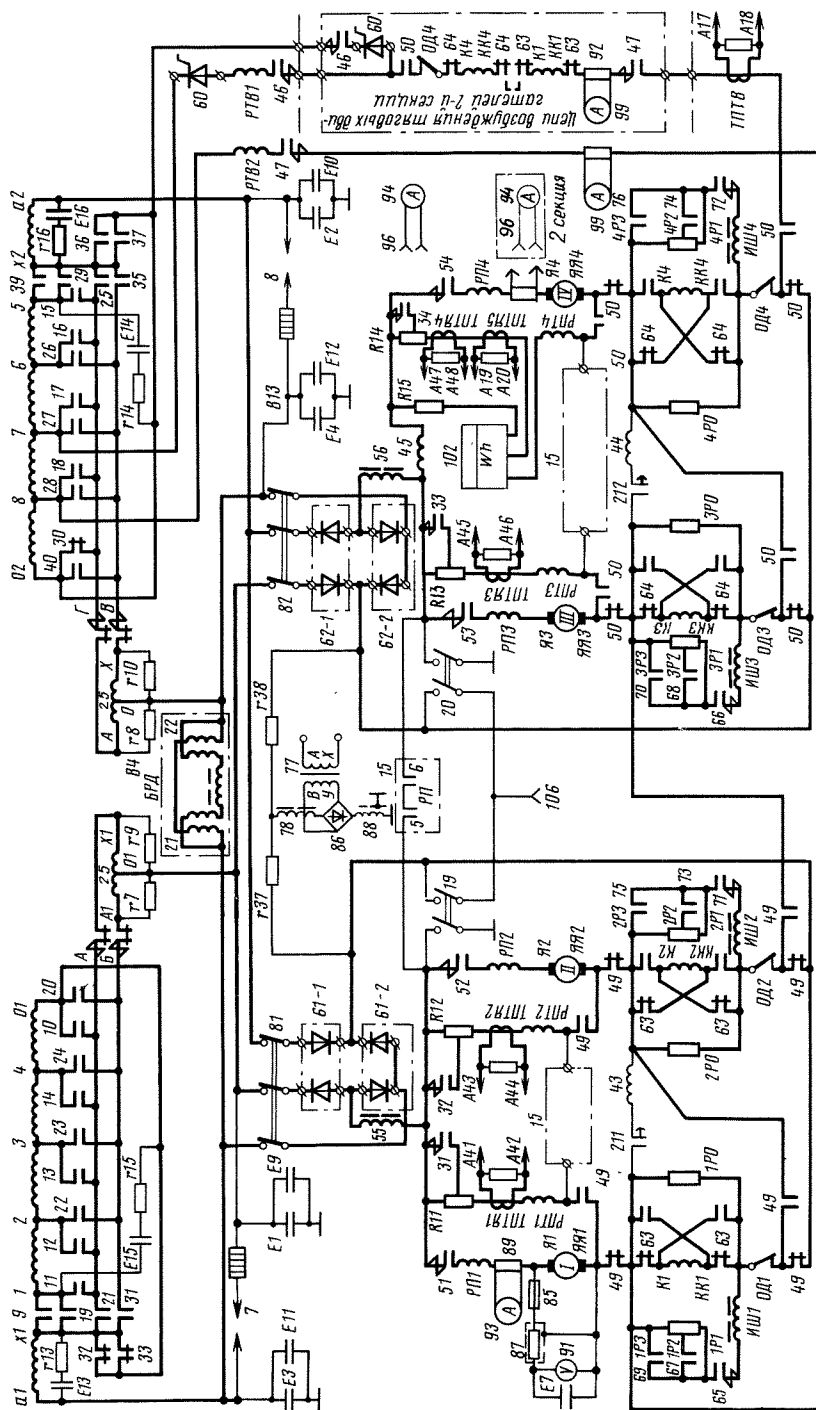


Рис. 241. Схема силовых цепей электровоза ВЛ80¹

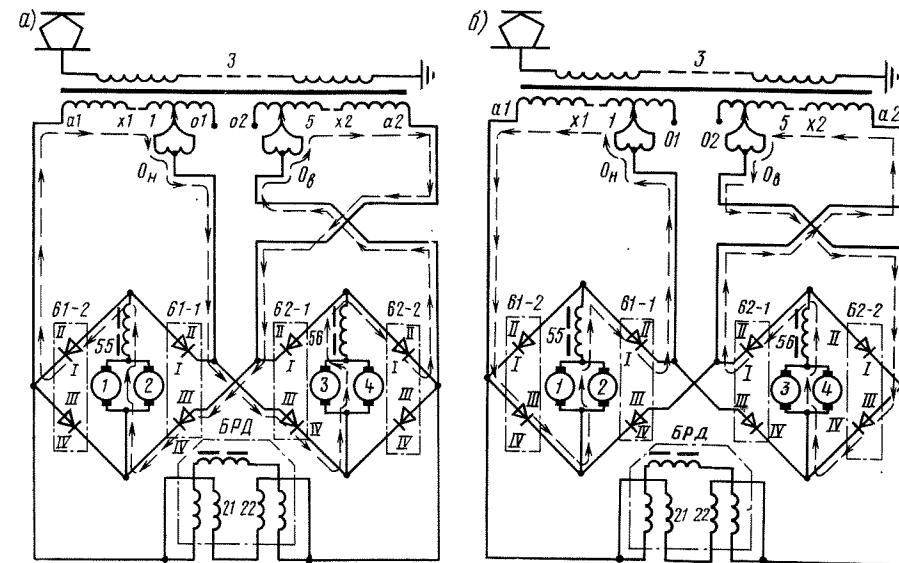


Рис. 242. Протекание тока в силовой цепи электровоза ВЛ80¹ в первый (а) и во второй (б) полупериоды

на зажимах обоих мостов; следовательно, в процессе регулирования напряжения его среднее значение на двигателях будет одинаковым на каждой ступени регулирования.

Пуск и регулирование скорости осуществляются ступенчатым изменением напряжения, питающего выпрямительные установки и двигатели.

Вторичная обмотка тягового трансформатора состоит из двух частей $a1-01$ и $a2-02$. Каждая из них в свою очередь разделена на две части — несекционированную и секционированную, которые в процессе регулирования напряжения сначала соединяются встречно, а затем согласно. При встречном соединении обмоток результирующее напряжение, подводимое к выпрямительным установкам и тяговым двигателям, равно разности напряжений несекционированной и секционированной частей обмоток, т. е. $638 - 580 = 58$ В на 1-й позиции. Когда обмотки включены согласно, результирующее напряжение равно сумме этих напряжений, поэтому наибольшее напряжение, подводимое к выпрямительным установкам и тяговым двигателям при холостом ходе (напряжение в контактной сети 25 кВ), равно $638 \text{ В} + 580 \text{ В} = 1218$ В.

Предусмотрено 33 ступени регулирования питающего напряжения и три ступени ослабления возбуждения двигателей (рис. 243).

Напряжение на несекционированной части обмотки всегда выше, чем на секционированной, направление тока будет определяться направлением э.д.с. в несекционированной части обмотки. Это обеспечивает прохождение тока в проводящем для полупроводниковых выпрямителей направлении в каждый полупериод, начиная с 1-й позиции.

Для снижения уровня пульсаций выпрямленного тока последовательно с каждой группой тяговых двигателей включен сглаживающий реактор (55 или 56), а с целью уменьшения пульсаций магнитного потока главных полюсов двигателей параллельно катушкам возбуждения включены резисторы, через которые отводится переменная составляющая пульсирующего тока. В цепь резисторов, шунтирующих обмотки главных полюсов при ослабленном возбуждении, включены индуктивные шунты ИШ1—ИШ4, которые предотвращают возникновение кругового огня на коллекторе тяговых двигателей в нестационарных режимах.

На электровазах ВЛ80^Т при двух параллельно включенных двигателях в группе и их высокой коммутационной устойчивости нет необходимости в генераторной защите. В цепь якоря двигателя IV введена токовая катушка 45 регулятора давления догружающего устройства, которое в зависимости от тока двигателя компенсирует динамическую разгрузку передних осей 1-й и 3-й тележек по ходу движения.

Система регулирования напряжения цепи питания выпрямительных мостов и тяговых двигателей выполнена следующим образом.

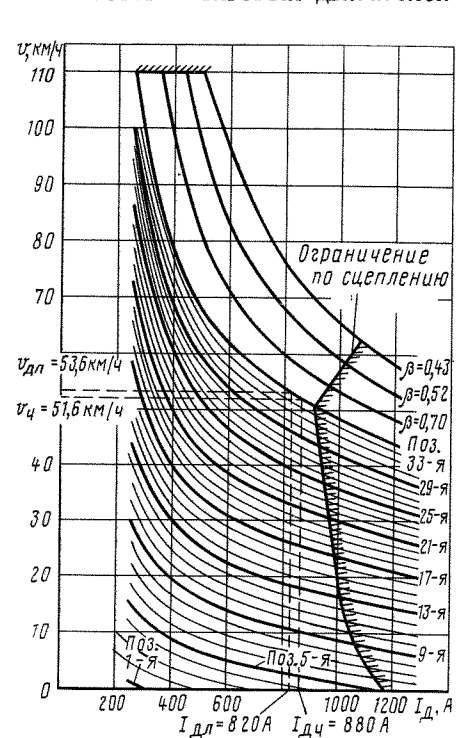


Рис. 243. Пусковые характеристики электроваза ВЛ80^Т:

$v_{\text{ч}}$ и $v_{\text{пр}}$ — скорость электроваза в часовом и продолжительном режимах; $I_{\text{дл}}$ и $I_{\text{дпр}}$ — ток тягового двигателя в часовом и продолжительном режимах

Секционированные обмотки 1-01 и 5-02 (см. рис. 241) в каждом плече вторичной обмотки трансформатора разделены на четыре одинаковые секции. Последовательно отключая секции при встречном включении обмоток, можно увеличивать разность напряжений каждой части вторичной обмотки трансформатора, а следовательно, напряжение на двигателях.

После полного выключения обмоток 1-01 и 5-02, что происходит на 17-й позиции, напряжение на двигателях определяется напряжением несекционированных обмоток. Дальнейшее повышение его осуществляется включением в обратном порядке ранее выключенных секций при положении, соответствующем согласному включению обмоток а1-х1 и 1-01, а2-х2 и 5-02.

На 33-й позиции, когда секционированные части обмоток снова полностью введены в цепь, но э.д.с. в обмотках а1-х1 и 1-01, а2-х2 и 5-02 направлены одинаково, выпрямленное напряжение равно сумме напряжений на секционированной и несекционированной частях вторичной об-

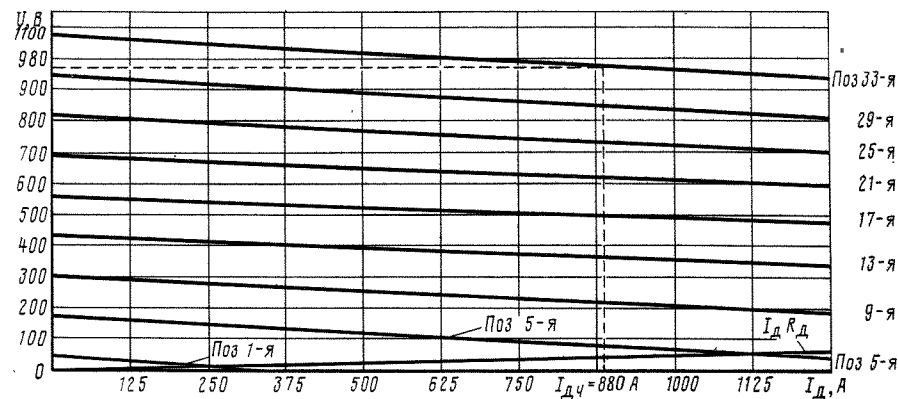


Рис. 244. Внешние характеристики преобразовательного агрегата электроваза ВЛ80^Т

мотки тягового трансформатора электроваза. Выпрямленное напряжение на зажимах тяговых двигателей зависит не только от позиции группового переключателя ступеней и напряжения в контактной сети, но также от тока двигателей, который вызывает падение напряжения в обмотках трансформатора и выпрямительной установке.

При номинальном напряжении в контактной сети для различных позиций группового переключателя в зависимости от нагрузки оно обычно определяется внешними характеристиками преобразовательного агрегата электроваза (рис. 244).

Как следует из внешних характеристик, выпрямленное напряжение на зажимах тяговых двигателей электроваза ВЛ80^Т может изменяться вследствие изменения нагрузки примерно на 200 В на одной и той же позиции. Это нужно иметь в виду, если электроваз работает на последних позициях, особенно при повышенном напряжении в контактной сети, чтобы не получить чрезмерно высокого напряжения на зажимах тяговых двигателей.

Встречно-согласное соединение несекционированной и секционированной частей вторичной обмотки тягового трансформатора, а также переключение секций в обмотках 1-01 и 5-02 осуществляется групповым переключателем ступеней ЭКГ-8.

В исходном положении групповой переключатель находится на нулевой позиции, при этом включены контакторные элементы 30, 32, 33 и А, Б, В, Г (рис. 245, а и см. рис. 148) однако замкнутой цепи для прохождения тока тяговых двигателей нет.

При переходе с нулевой позиции на 1-ю групповой переключатель проходит промежуточную позицию П1 (рис. 245, б). В интервале между этими позициями сначала размыкается контакторный элемент А, затем замыкается элемент 11, далее снова замыкается контакторный элемент А и размыкается элемент 30. В интервале между позициями П1 и 1-й сначала размыкается контакторный элемент Г, затем замыкаются контакторные элементы 15, 36 и 37, после чего вновь замыкается элемент Г (см. рис. 245, в).

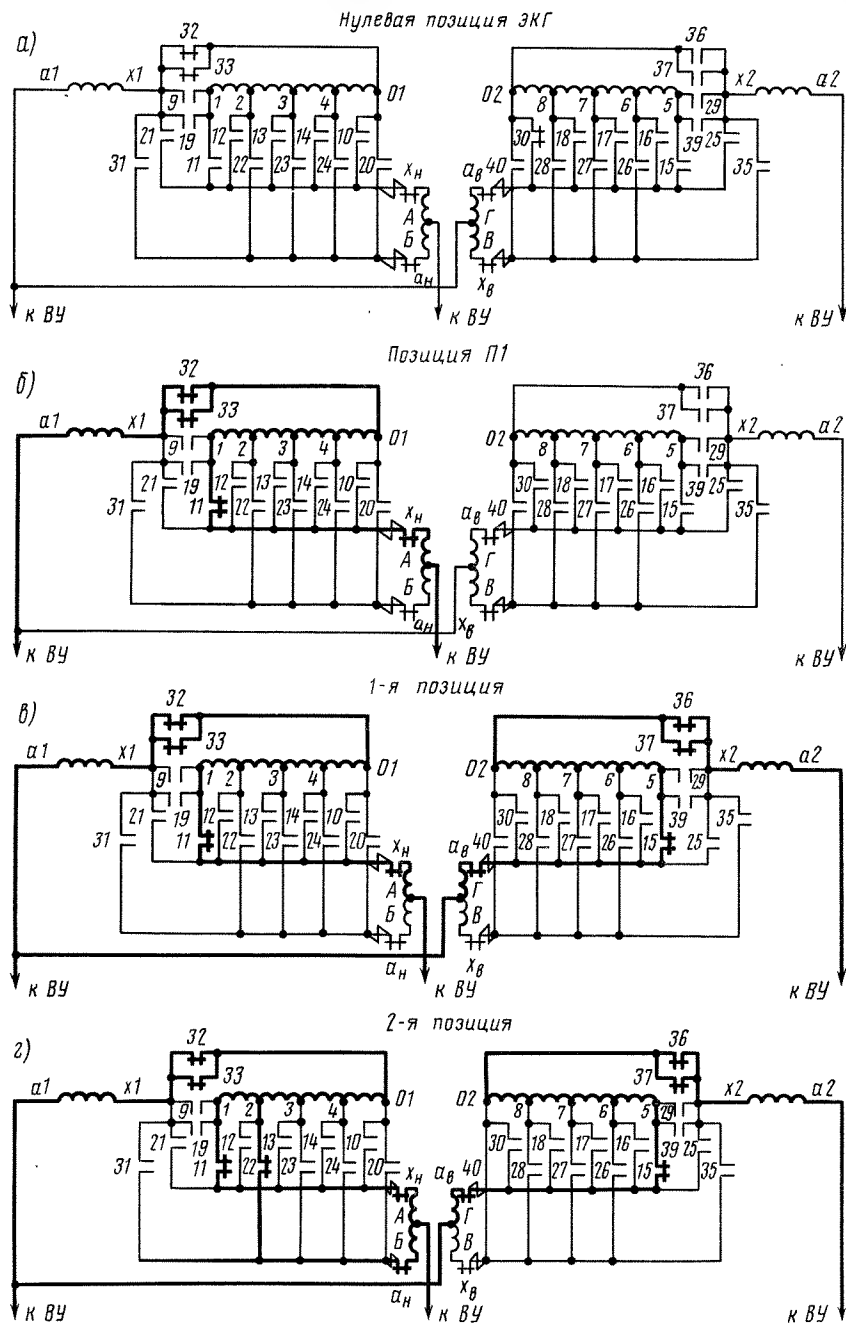


Рис. 245. Схемы, поясняющие работу группового переключателя ступеней ЭКГ-8Ж на позициях 0 — 2

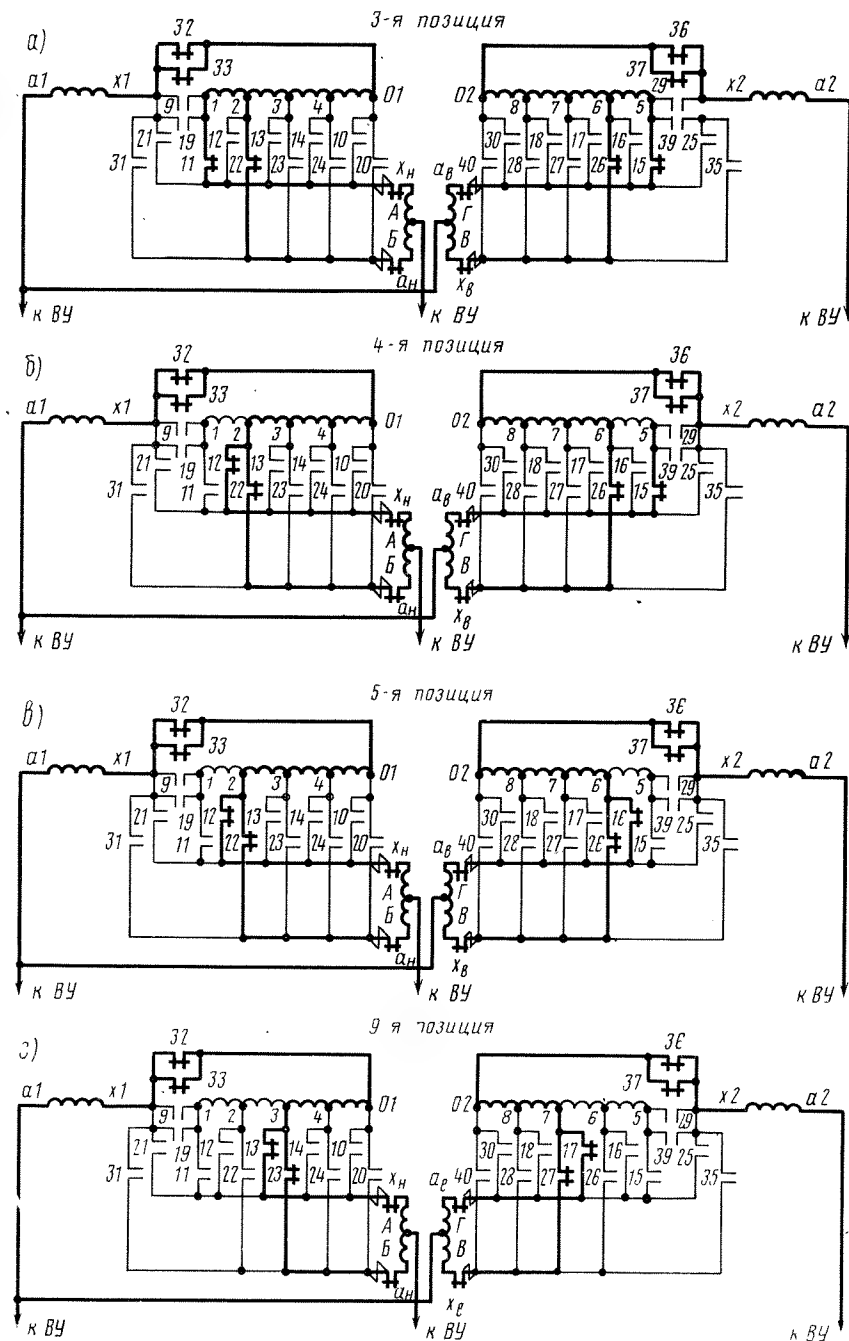


Рис. 246. Схемы, поясняющие работу группового переключателя ступеней ЭКГ-8Ж на позициях 3 — 9

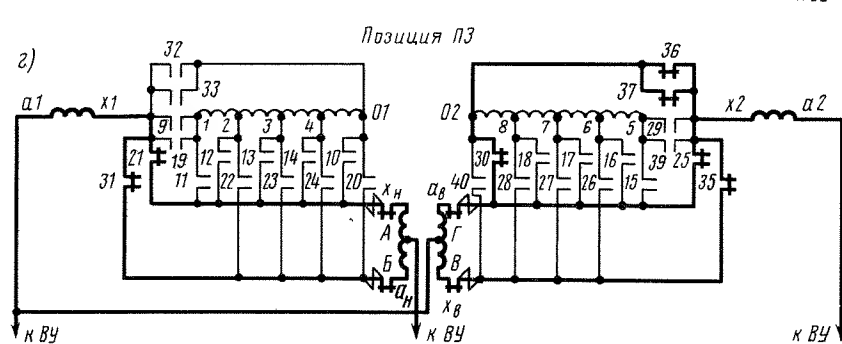
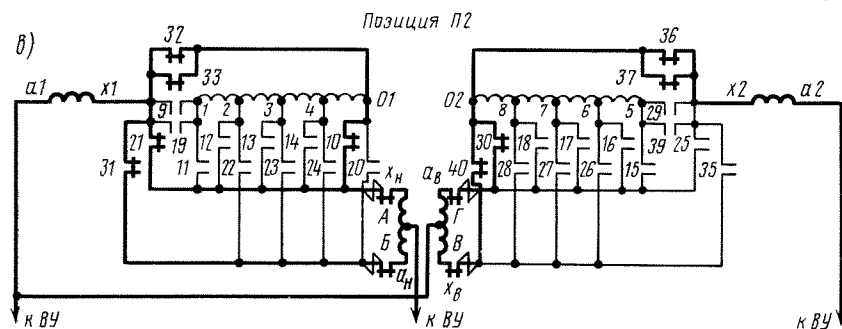
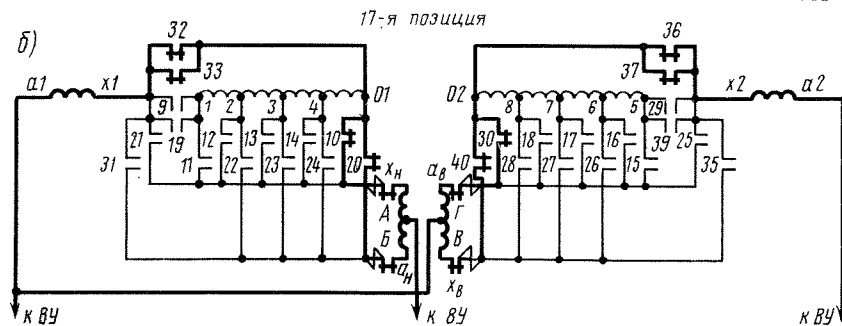
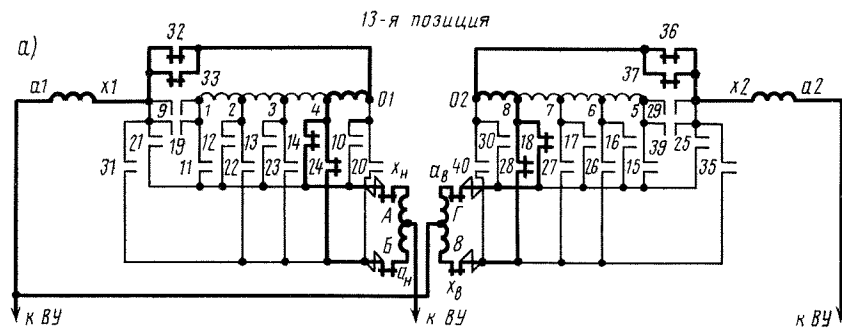
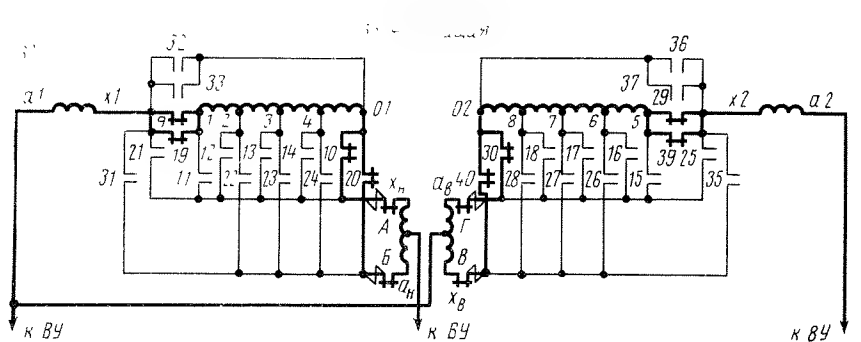
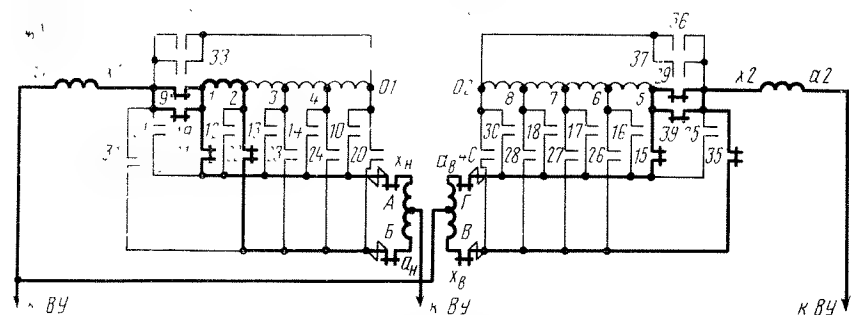
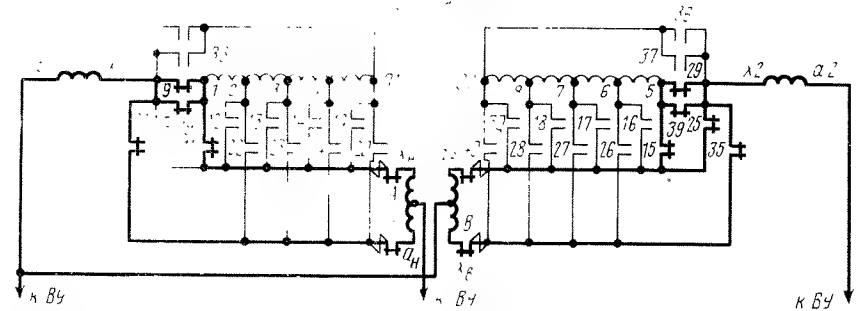
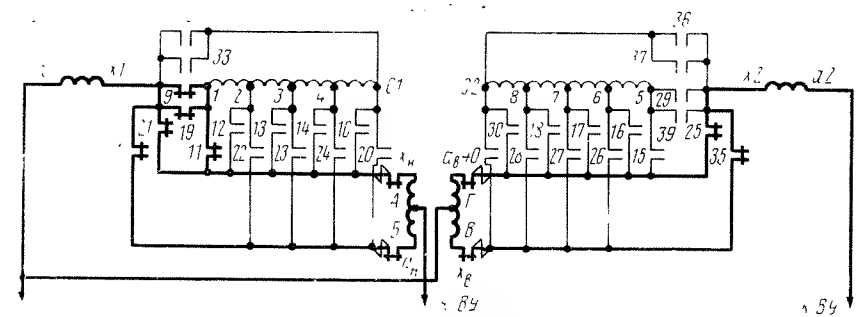


Рис. 247. Схемы, поясняющие работу группового 298



переключателя ступеней ЭКГ-8Ж на позициях 13—33

Таким образом, на 1-й позиции группового переключателя ступеней к тяговым двигателям подводится наименьшее напряжение, соответствующее разности напряжений встречно включенных частей вторичной обмотки трансформатора. При переходе группового переключателя с 1-й позиции на 2-ю сначала размыкается контакторный элемент *Б*, затем замыкается элемент 22 и после этого вновь замыкается элемент *Б* (рис. 245,з). Когда переключатель переходит со 2-й позиции на 3-ю, сначала размыкается контакторный элемент *В*, затем замыкается элемент 26, после чего вновь замыкается элемент *В* (рис. 246,а).

Переход переключателя с 3-й позиции на 4-ю осуществляется размыканием контакторного элемента *А*; затем 11 и замыканием элемента 12, после чего вновь замыкается элемент *А* (рис. 246,б). При переходе переключателя с 4-й на 5-ю позицию сначала размыкается контакторный элемент *Г*, потом 15, а затем замыкается элемент 16, после чего вновь замыкается элемент *Г* (рис. 246,в).

Этим завершается один такт регулирования напряжения на вторичной обмотке, что соответствует переходу с одной ходовой ступени (позиции) на другую. Один такт регулирования охватывает четыре позиции; при дальнейшем наборе позиций процесс регулирования повторяется и принципиально ничем не отличается от рассмотренного.

При переходе с высоких на низкие позиции процесс регулирования и коммутации контакторных элементов группового переключателя происходит в порядке, обратном рассмотренному. Полное выключение обмоток 1-01 и 5-02 происходит на 17-й позиции (см. рис. 148 и 247,б). В интервале между 17-й и 18-й имеются четыре промежуточные позиции, на которых происходит переход со встречного на согласное включение обмоток: 1-01 с *а1-х1* и 5-02 с *а2-х2*.

В интервале между 17-й и 2-й переходной (П2) позициями сначала размыкается контакторный элемент *Б*, потом 20, а затем замыкаются элементы 21 и 31; после этого вновь замыкается элемент *Б* (рис. 247,в). В интервале между позициями П2—П3 сначала размыкается контакторный элемент *В*, затем элементы 10, 40, 32, 33, после чего замыкаются контакторные элементы 25 и 35, а затем *В* (рис. 247,г). В интервале между промежуточными позициями П3—П4 размыкается контакторный элемент *А*, замыкаются элементы 9, 19, 11 и размыкаются 30, 36, 37, замыкается элемент *А* (рис. 247,д).

При переходе с позиции П4 на П5 размыкается контакторный элемент *Г*, затем замыкаются элементы 29, 39, 15 и размыкается элемент 21, после чего вновь замыкается элемент *Г* (рис. 247,е). В интервале между позициями П5 и 18-й размыкается контакторный элемент *Б*, после чего элементы 25, 31, замыкается элемент 22 и затем вновь элемент *Б* (рис. 247,ж).

С 18-й позиции групповой переключатель ступеней начинает переключать контакторные элементы в порядке, рассмотренном ранее, что соответствует при согласном включении обмоток дальнейшему повышению напряжения на тяговых двигателях. На 33-й позиции (рис. 247,з) обмотки 1-01 и 5-02 включаются полностью. Увеличение напряжения на тяговых двигателях прекращается, и дальнейшее повышение скорости движения может быть достигнуто ослаблением возбуждения тяговых двигателей.

Степень ослабления возбуждения	Положение контакторов			Степень ослабления возбужде- ния, %
	65, 71, 66, 72	67, 73, 68, 74	69, 75, 70, 76	
ПП	—	—	—	96
ОП1	×	—	—	70
ОП2	×	×	—	52
ОП3	×	×	×	43

Примечание. Знак *×* соответствует включенному контактору.

На электровозе ВЛ80^т предусмотрены три ступени ослабления возбуждения тяговых двигателей, что обеспечивается включением индивидуальных электропневматических контакторов 65—76 (см. рис. 241). Порядок включения этих контакторов и степень ослабления возбуждения приведены в табл. 9. Значения, указанные в таблице, означают часть возбуждения, которая остается в двигателях на соответствующих позициях.

§ 85. Управление силовыми цепями

Управление силовой цепью электровоза ВЛ80^т в основном сводится к управлению серводвигателем привода группового переключателя ЭКГ-8 с помощью контроллера машиниста (рис. 248). Цепи управления двух секций электровоза постоянно работают по системе многих единиц. Секции имеют одинаковые схемы цепей управления.

Предусмотрена возможность отключения одной из секций электровоза с помощью переключателя режимов (ПР), который имеет два положения: *Рабочий режим* и *Отключение секции*. Нормально переключатели режимов в обеих секциях должны находиться в положении *Рабочий режим*. Если же необходимо отключить одну секцию, то в ней переключатель режимов переводят в положение *Отключение секции*.

Контроллер машиниста имеет три кулачковых вала с контакторными элементами: главный, реверсивный и тормозной.

Главный вал контроллера машиниста, с помощью которого производится управление силовой цепью электровоза в тяговом режиме, имеет следующие положения: *БВ*—быстрое выключение; *0*—нулевое положение; *АВ*—автоматическое выключение; *РВ*—ручное выключение; *ФВ*—фиксация выключения; *ФП*—фиксация пуска; *РП*—ручной пуск; *АП*—автоматический пуск.

Реверсивный вал контроллера машиниста, с помощью которого изменяется направление движения электровоза, а также производится ослабление возбуждения тяговых двигателей, имеет следующие положения: *Вперед*, *0* и *Назад*. Положение *Вперед* включает в себя позиции: *ПП*—полное поле; *ОП1*—ослабление возбуждения, 1-я ступень; *ОП2*—ослабление возбуждения, 2-я ступень; *ОП3*—ослабление возбуждения, 3-я ступень. Тормозной вал контроллера машиниста, с помощью которого производится управление в тормозном режиме, имеет следующие положения: *0*—нулевое положение;

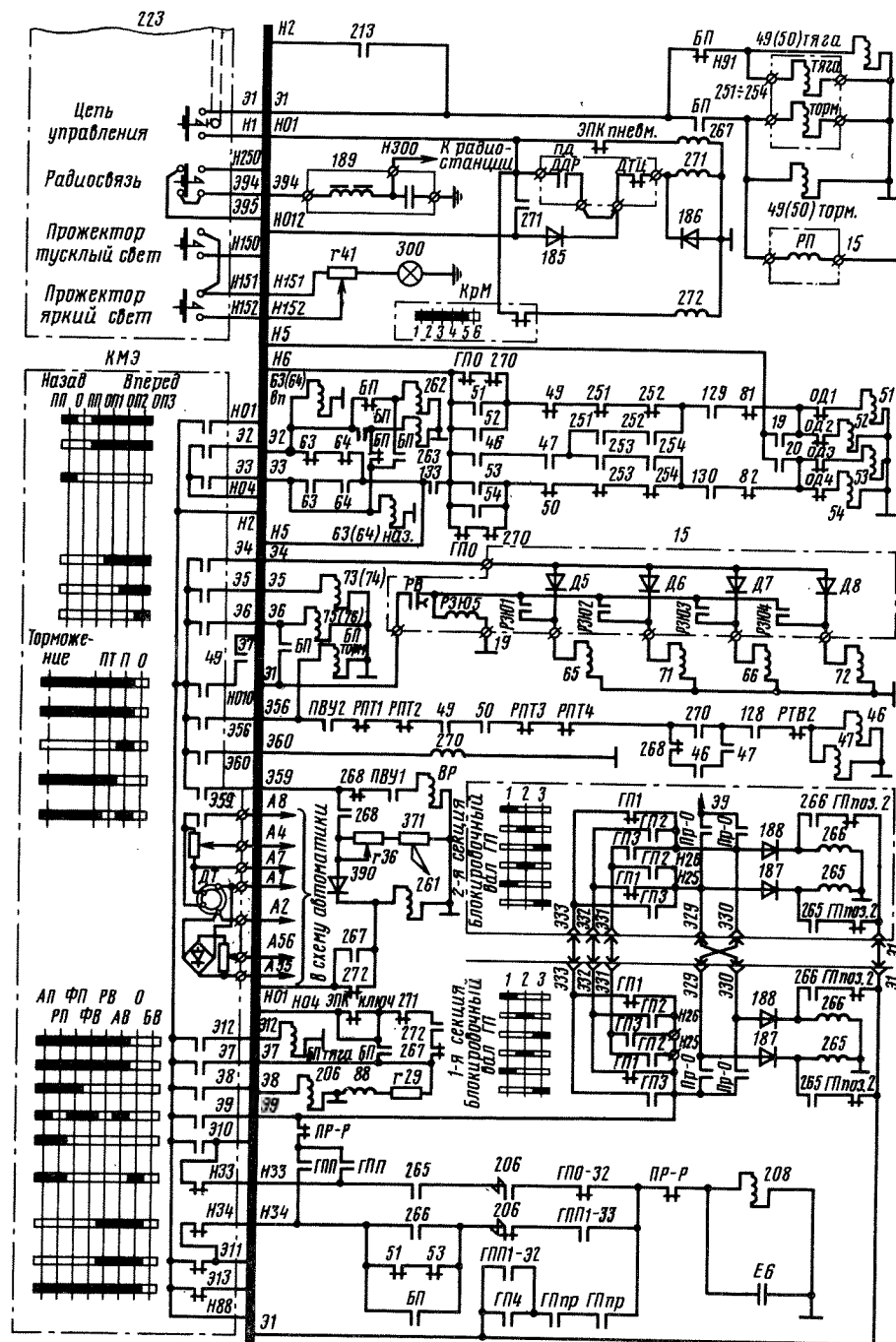


Рис. 248. Схема цепей управления силовыми цепями электровоза ВЛ80

П—подготовительное для сбора цепей реостатного торможения, ПТ—предварительное торможение; Торможение—положение, в котором в зависимости от угла поворота тормозного вала задается скорость начала торможения.

Нулевое положение главной рукоятки контроллера. Нормально групповые переключатели на неработающем электровозе должны находиться в нулевом положении. Реверсивная и главная рукоятки контроллера машиниста КМЭ также должны быть установлены в нулевое положение.

При включении автоматического выключателя ВА2 (см. рис. 240) в блоке автоматов 215 и включении кнопки *Цепь управления* на кнопочном выключателе 223 (см. рис. 248) в той кабине, из которой ведется управление электровозом, подготавливаются к работе цепи управления: на провод Э1 будет подано напряжение от распределительного щита 210 по проводу Н0 через выключатель ВА2, провод Н1, кнопку *Цепь управления*.

Если при этом валы ЭКГ находятся в промежутке между позициями до 32-й включительно, то катушка контактора 208 (см. рис. 248) получит питание по цепи: провод Э1, блок-контакты ГПП1—32, ГПпр, контакты переключателя режимов ПР-Р, катушка контактора 208, корпус электровоза. Включится контактор 208, что приведет в действие серводвигатель СМ, и валы ЭКГ будут доведены до ближайшей фиксированной позиции. Наличие в рассмотренной цепи питания катушки контактора 208 блок-контакты ГПпр повышает надежность разрыва питания катушки контактора 208 при переходе переключателя ступеней на фиксированную позицию.

При установке съемной рукоятки блокировочного устройства тормозов 213 в рабочее положение замыкаются его контакты между проводами Э1 и Н2. Если групповой переключатель в какой-либо секции находится не на нулевой позиции, то произойдет сброс его на нулевую позицию в каждой секции самостоятельно.

Катушка контактора 208 (см. рис. 248) получит питание по цепи: провод Э1, контакты блокировочного устройства тормозов 213, провод Н2, размыкающие контакты КМЭ между проводами Н2 и Э11, Э11 и Н34, размыкающие блок-контакты контакторов 51 и 53, размыкающие контакты контактора 206, блок-контакты ГПП1—33, замыкающие контакты переключателя режимов ПР-Р, катушка контактора 208, корпус электровоза. Катушка контактора 208 серводвигателя 2-й секции получает питание от провода Э11 через межсекционное соединение по аналогичной цепи. Блок-контакты линейных контакторов 51 и 53 в цепи катушки контактора 208 контролируют отключенное состояние тяговых двигателей, а размыкающие контакты контактора 206 обеспечивают вращение серводвигателя в сторону сброса позиций. Блок-контакты ГПП1—33 контролируют сброс группового переключателя до нулевой позиции.

Серводвигатель СМ группового переключателя ступеней получает питание в каждой секции самостоятельно от распределительного щита 210 по цепи (см. рис. 235): провод Н49, замыкающие контакты контактора 208, размыкающие контакты контактора 206, якорь серводвигателя СМ, размыкающие контакты контактора 206, корпус электровоза. На параллельную обмотку возбуждения серводвигателя СМ подается постоянное питание непосредственно от провода Н49.

Изменение направления вращения серводвигателя производится с помощью двух пар контактов контактора 206—замыкающих и размыкающих. Остановка серводвигателя осуществляется путем электродинамического торможения с помощью размыкающих контактов контактора 208, замыкающих накоротко якорь серводвигателя при выключении контактора. Перевод группового переключателя ступеней с промежуточной на фиксированную позицию и сброс переключателя на нулевую позицию происходят при обесточенной силовой цепи автоматически, как только будут включены кнопки *Цепь управления* и реверсивная рукоятка контроллера машиниста переведена в рабочее положение при нулевом положении главной рукоятки. Эти операции являются подготовительными, без них невозможен сбор силовых цепей. Прежде чем перевести реверсивную рукоятку из нулевого положения в рабочее, следует подготовиться к работе локомотивную сигнализацию, для чего необходимо на блоке автоматов 215 (см. рис. 240) в кабине машиниста включить автоматические выключатели ВА5 и ВА6, включить кнопку *Локомотивная сигнализация* на кнопочном выключателе 225 на пульте помощника машиниста. В цепи локомотивной сигнализации подается напряжение по проводу Н0 через автоматический выключатель ВА5, провод Н122, кнопку *Локомотивная сигнализация* (на КУ 225), провод 200, дроссель панели фильтра 190, провод 215 и далее в аппаратуру АЛСН.

Обратный провод 216 от аппаратуры АЛСН через автоматический выключатель ВА6 соединяется с корпусом электровоза. Таким образом, образуется замкнутая цепь питания. После подачи напряжения в цепи локомотивной сигнализации следует вставить и повернуть ключ в электропневматическом клапане ЭПК. При наличии давления воздуха в тормозной магистрали произойдет зарядка клапана ЭПК, контакты *ЭПКпневм.* (см. рис. 248) в цепи катушки реле 267 разомкнутся. Затем следует вернуть ключ ЭПК в исходное положение, после чего замкнутся контакты *ЭПКключ*; этим подготавливается цепь питания катушек линейных контакторов 51—54. После этого надлежит включить блокировочное устройство тормозов 213 и перевести реверсивную рукоятку контроллера из нулевого в рабочее положение.

При постановке реверсивной рукоятки в положение *Вперед* замыкаются контакторные элементы контроллера машиниста между проводами Н01 и Н2. Через контакторный элемент в проводе Н01 будет подано напряжение в цепи промежуточных реле 267, 271 и 272, которые входят в систему контроля состояния тормозной магистрали и отключают тяговые двигатели при экстренном торможении.

Нормально на катушки реле 267 и 271 напряжение не подается и их размыкающие контакты замкнуты, а катушка реле 272 получает питание от провода Н01 через размыкающий контакт крана машиниста КрМ. Этим заканчиваются подготовительные операции для сбора схемы управления силовой цепью в режиме тяги.

Если включить блокировочное устройство 213 и передвинуть реверсивную рукоятку КМЭ из нулевого положения раньше чем произойдет зарядка клапана ЭПК, будет подано напряжение на катушку реле 267 через контакты *ЭПКпневм.* от провода Н01 и оно включится. При этом разомкнутся контакты этого реле между

проводами Э7 и Н05 и разорвут цепь питания катушек линейных контакторов 51—54.

Ручной набор позиций. В режиме ручного пуска производится постепенный набор или сброс по одной позиции группового переключателя ступеней. Для того чтобы осуществить набор одной позиции, необходимо главную рукоятку контроллера машиниста поставить в положение ФП, а затем перевести ее в положение РП. В положении ФП замкнуты контакторные элементы контроллера машиниста в проводах Э12, Э7, Э8, Э9 и Э13.

От провода Э12 питается катушка блокировочного переключателя БПтяга, что обеспечивает установку (и фиксацию) его в положение, соответствующее режиму тяги, если он до этого находился в положении *Торможение*. Контакты переключателя в цепях управления займут положение, соответствующее режиму тяги.

Получат питание катушки 49(50) *тяга* тормозных переключателей и катушки *Тяга* устройств переключения воздуха 251—254 по следующей цепи: провод Э1, контакты БП, провод Н91, катушки указанных аппаратов, корпус электровоза. Тормозные переключатели и устройства переключения воздуха займут положения, соответствующие режиму тяги, будут зафиксированы в этом положении.

Провод Э7 подводит напряжение к катушкам вентиля реверсоров 63вп, 64вп (или 63наз, 64наз) по следующей цепи: провод Э7, размыкающий контакт реле 267, замыкающий контакт реле 272, размыкающий контакт реле 271, контакт *ЭПКключ*, провод Н04, контакторный элемент контроллера Э2 (или Э3). Реверсоры при этом займут положение *Вперед* (или *Назад*) в зависимости от положения реверсивной рукоятки контроллера.

В соответствии с положением реверсоров замкнутся их блок-контакты 63 и 64, и через контакты переключателя БП получат питание катушки вентиля нагрузочного устройства 262 (или 263). При этом в режиме тяги включается клапан, подающий воздух в противоразгрузочное устройство передней тележки каждой секции (по ходу движения), а при торможении воздух подается в противоразгрузочное устройство задней тележки каждой секции (по ходу движения). По той же цепи, что и катушки реверсоров, от провода Э7 получают питание катушки линейных контакторов 51—54 через блок-контакты реверсоров 63 и 64, замыкающие блок-контакты контактора 133 мотор-насоса охлаждения трансформатора и далее по двум параллельным цепям:

первая цепь: блок-контакты группового переключателя ГПО, контакты реле 270, блок-контакты тормозного переключателя 49, устройства переключения воздуха 251 и 252, блок-контакты контактора 129, включающего мотор-вентилятор МВ3, блок-контакты 81 разъединителя выпрямительной установки 61, блок-контакты отключателей двигателей ОД1 и ОД2, катушки линейных контакторов 51 и 52, корпус электровоза;

вторая цепь: блок-контакты ГПО, контакты реле 270, блок-контакты тормозного переключателя 50, устройства переключения воздуха 253 и 254, блок-контакты контактора 130, включающего мотор-вентилятор МВ4, блок-контакты 82 разъединителя выпрямительной установки 62, блок-контакты отключателей двигателей ОД3 и ОД4, катушки линейных контакторов 53 и 54, корпус электровоза.

Катушки контакторов 51—54 возбуждаются, контакторы включаются и их блок-контакты шунтируют контакты ГПО и 270 между проводами Н6 и Н9, Н6 и Н12. В дальнейшем питание катушек контакторов 51—54 осуществляется через их собственные замыкающие блок-контакты, что обеспечивает питание этих катушек на позициях группового переключателя выше нулевой.

Указанные блок-контакты в цепи питания катушек линейных контакторов обеспечивают возможность их включения в режиме тяги только при следующих условиях: подготовлена к работе локомотивная сигнализация; тормозная магистраль находится в нормальном состоянии; реверсивные переключатели 49 и 50 установлены в положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки контроллера машиниста; включен мотор-насос охлаждения трансформатора; групповой переключатель ЭКГ находится на нулевой позиции; не возбуждено реле 270, контролирующее положение тормозной рукоятки контроллера машиниста; тормозные переключатели 49 и 50, а также устройства переключения воздуха 251, 252 и 253, 254 находятся в положении, соответствующем режиму тяги; включены мотор-вентиляторы МВ3 и МВ4 охлаждения выпрямительных установок и радиаторов тягового трансформатора; включены разъемники 81 и 82 выпрямительных установок и отключатели двигателей ОД1—ОД4.

Блок-контакты контактора 133 в цепи питания катушек линейных контакторов могут быть шунтированы кнопкой *Низкая температура масла* на кнопочном выключателе 227, находящемся в машинном помещении электровоза. Такое шунтирование производится в том случае, если в зимнее время при длительной стоянке электровоза и окружающей температуре воздуха -30°C и ниже вязкость масла в тяговом трансформаторе резко увеличивается. В этом случае масляные насосы не обеспечивают достаточной циркуляции масла и при пуске могут выйти из строя. Поэтому на период пуска, пока температура масла не превысит 0°C , блок-контакты контактора 133 в цепи питания катушек линейных контакторов шунтируются кнопкой *Низкая температура масла*, а мотор-насос не включается. Это обеспечивает сбор схемы управления электровозом при выключенном мотор-насосе.

При постановке главной рукоятки контроллера машиниста в положение ФП по проводу Э7 подводится также напряжение к удерживающей катушке реле заземления 88 через добавочный резистор r_{29} . От провода Э8 получает питание включающая катушка контактора 206, что подготавливает цепи питания якоря серводвигателя СМ для вращения в сторону набора позиций ЭКГ. Провод Э9 подводит напряжение к катушкам реле 265 и 266 через цепи синхронизации. Реле 265 осуществляет синхронизацию работы групповых переключателей (см. рис. 248) при наборе позиций, а реле 266—при сбросе позиций. Возбудившись, реле 265 и 266 замыкают свои контакты в проводах Н33—Н35 и Н34—Н36, что подготавливает цепи питания катушки контактора 208. От провода Э13, как и в нулевом положении главной рукоятки, получает питание провод Н88, а через него цепь удерживающей катушки ГВ.

Когда главная рукоятка контроллера машиниста установлена в положение ФП, вал группового переключателя не поворачивается, а

остается на нулевой позиции—осуществляется только подготовка цепи для набора позиций. При переводе рукоятки контроллера из положения ФП в положение РП теряет питание провод Э9 и получают питание провода Э10 и Н33. Когда напряжение снимается с провода Э9, катушки реле 265 и 266 продолжают получать питание по проводу Э1 через блок-контакты ГПноз.2, разомкнутые только между позициями ЭКГ, и собственные замыкающие контакты. По проводу Э10 подается напряжение в провод Н33 на 2-й секции электровоза.

От провода Н33 получает питание катушка контактора 208 по следующей цепи: контакты реле 265, замыкающие контакты контактора 206, блок-контакты группового переключателя ГПО—32, контакты переключателя режимов ПР-Р, катушка контактора 208, корпус электровоза. Так как контактор 206 при этом включен и его блок-контакты в цепи якоря серводвигателя замкнуты, серводвигатель СМ начинает вращаться в сторону набора позиций.

На промежуточной позиции замыкаются блок-контакты ГПпр (замкнуты только в промежутке между позициями), подающие напряжение на катушку контактора 208 от провода Э1. После этого замыкаются блок-контакты ГПноз.2 и промежуточные реле 265, 266 теряют питание. Отключаясь, реле 265 своими контактами разрывает цепь питания катушки контактора 208 от провода Н33, но она продолжает получать питание от провода Э1 через блок-контакты ГПпр. Размыкание блок-контактов ГПпр обеспечивает остановку группового переключателя точно на позиции.

При выключении контактора 208 его замыкающие контакты разрывают цепь якоря серводвигателя. Одновременно размыкающие контакты 208 закорачивают цепь якоря, чем обеспечивается электродинамическое торможение. Проход через промежуточные позиции П1—П5 без остановки серводвигателя осуществляется благодаря блок-контактам ГПП (замкнутым на промежуточных позициях П1—П5).

Таким образом осуществляется поворот группового переключателя с нулевой на 1-ю позицию. При этом будут включены его контакторные элементы 11, 15, 32, 33, 36, 37, А, Б, В и Г.

В силовой цепи тяговых двигателей появляется ток. В один из полупериодов, когда э.д.с. во вторичных обмотках тягового трансформатора направлена от вывода а1 к выводу х1 и от вывода х2 к выводу а2, ток будет протекать по следующей цепи (см. рис. 241): нерегулируемая обмотка тягового трансформатора а1-х1, контакторные элементы 32 и 33, встречно включенная регулируемая обмотка трансформатора 01-1, контакторный элемент 11, контакторный элемент А, полуобмотка х1-01 переходного реактора 25, плечо выпрямительной установки 62-1, контакты тормозного переключателя 50, цепи обмоток возбуждения и якорей двух параллельно включенных тяговых двигателей III и IV, линейные контакторы 53 и 54, сглаживающий реактор 56, плечо выпрямительной установки 62-2, полуобмотка О-А переходного реактора 25, контакторный элемент Г, контакторный элемент 15, встречно включенная регулируемая обмотка 5-02 тягового трансформатора, контакторные элементы 36 и 37, нерегулируемая обмотка х2-а2 трансформатора, плечо выпрямительной установки 61-1, контакты тормозного

переключателя 49 и далее через цепи обмоток и якорей двух параллельно включенных тяговых двигателей I и II, линейные контакторы 51 и 52, сглаживающий реактор 55, плечо выпрямительной установки 61-2, вывод *a1* обмотки трансформатора.

Таким образом, образовалась замкнутая цепь тока через встречно включенные обмотки *a1-x1* и *01-1* трансформатора, тяговые двигатели III и IV, встречно включенные обмотки *x2-a2* и *02-5*, тяговые двигатели I и II.

Во второй полупериод, когда э.д.с. во вторичных обмотках тягового трансформатора направлена от вывода *x1* к выводу *a1* и от вывода *a2* к выводу *x2*, ток протекает по двум цепям:

первая цепь: вывод *a1*, плечо выпрямительного блока 61-2, контакты тормозного переключателя 49, цепи обмоток возбуждения и якорей двух параллельно включенных тяговых двигателей I и II, линейные контакторы 51 и 52, сглаживающий реактор 55, плечо выпрямительного блока 61-1, полуобмотка *01-x1* переходного реактора 25, контакторный элемент А, контакторный элемент 11, встречно включенная регулируемая обмотка *1-01* трансформатора, контакторные элементы 32 и 33, нерегулируемая обмотка *x1-a1* трансформатора;

вторая цепь: вывод 5, контакторный элемент 15, контакторный элемент Г, полуобмотка А-0 переходного реактора 25, плечо выпрямительного блока 62-2, контакты тормозного переключателя 50, далее через цепи обмоток возбуждения и якорей двух параллельно включенных тяговых двигателей III и IV, линейные контакторы 53 и 54, сглаживающий реактор 56, плечо выпрямительного блока 62-1, нерегулируемая обмотка *a2-x2*, контакторные элементы 36 и 37, встречно включенная регулируемая обмотка *02-5* трансформатора.

Таким образом, образовались две замкнутые цепи токопрохождения: одна—встречно включенные обмотки *x1-a1* и *1-01* и тяговые двигатели I и II; вторая—встречно включенные обмотки *a2-x2* и *02-5* и тяговые двигатели III и IV.

Для того чтобы перевести групповой переключатель еще на одну позицию вперед (из 1-й во 2-ю и т. д.), нужно главную рукоятку контроллера машиниста перевести снова в положение *ФП* и затем в положение *РП* (см. рис. 248). Таким образом, ручной набор позиций осуществляется поочередной перестановкой главной рукоятки контроллера в положения *ФП* и *РП*. При этом цепи управления работают так, как описано выше.

Переход группового переключателя с одной позиции на другую, более высокую, сопровождается включением и выключением соответствующих контакторных элементов согласно развертке кулачкового вала ЭКГ (см. рис. 148), постепенно выводящих из цепи секции встречно включенной регулируемой части обмотки трансформатора, повышая при этом напряжение на тяговых двигателях. Полное выключение регулируемых обмоток *1-01* и *5-02* происходит на 17-й позиции группового переключателя ступеней. В интервале между 17-й и 18-й позициями имеются четыре промежуточные, на которых происходит переход со встречного на согласное включение обмоток: *1-01* с *a1-x1* и *5-02* с *a2-x2*.

Процесс коммутации контакторных элементов группового переключателя ступеней, а также токопрохождение в цепи при переходе с

одной позиции на другую не трудно проследить по схемам, поясняющим работу группового переключателя (см. рис. 245, 246 и 247).

В процессе коммутации контакторных элементов групповой переключатель, проходя с 1-й по 17-ю позицию, совершает четыре такта регулирования напряжения. При переходе с 17-й на 33-ю позицию процесс коммутации контакторных элементов повторяется, совершаются еще четыре такта регулирования напряжения. Следует иметь в виду, что прохождение тока в силовой цепи тяговых двигателей после выпрямительных установок в процессе коммутации контакторных элементов ЭКГ и регулирования напряжения с 1-й по 33-ю позицию остается неизменным, меняется лишь прохождение тока в цепи вторичной обмотки тягового трансформатора в соответствии с переключениями контакторных элементов группового переключателя.

Автоматический набор позиций. Для автоматического набора позиций необходимо главную рукоятку контроллера машиниста установить в положение *АП* (см. рис. 248). При этом в отличие от положения *РП* (ручного пуска) включен контакторный элемент контроллера в проводе Э9. Наличие напряжения на проводе Э9 обеспечивает постоянное питание катушек реле 265 и 266 через схему синхронизации. Следовательно, на катушку контактора 208 будет постоянно в течение всего пуска подаваться напряжение от провода *НЗЗ* через замыкающие контакты реле 265, контактора 206, размыкающие блок-контакты *ГПО-32* и контакты *ПР-Р*. Таким образом, будет происходить безостановочное хронометрическое вращение серводвигателя СМ в сторону, соответствующую набору позиций группового переключателя ступеней до 33-й позиции. При подходе к 33-й позиции разомкнутся блок-контакты *ГПО-32* и разорвут цепь питания катушки контактора 208, что и обеспечит остановку и фиксацию ЭКГ на 33-й позиции.

Если в процессе автоматического пуска необходимо прекратить дальнейший набор позиций, то следует главную рукоятку контроллера перевести из положения *АП* в положение *ФП*. При этом потеряет питание катушка контактора 208 от провода *НЗЗ* и групповой переключатель остановится на фиксированной позиции.

Ручной сброс позиций. Чтобы осуществить сброс одной позиции группового переключателя ступеней, необходимо главную рукоятку контроллера машиниста перевести в положение *РВ* (см. рис. 248). При этом снимается напряжение с провода Э8 и подается напряжение в провода Э11 и *НЗ4*. Потеря питания проводом Э8 приводит к отключению контактора 206, в результате чего происходит реверсирование серводвигателя СМ.

От провода Э34 получает питание катушка контактора 208 по цепи сброса: провод *НЗ4*, замыкающий контакт реле 266, размыкающие контакты контактора 206, блок-контакты *ГПП1—33*, размыкающий контакт переключателя режимов *ПР-Р*, катушка контактора 208, корпус электровоза. Включение контактора 208 вызывает вращение серводвигателя в сторону сброса позиций ЭКГ.

Аналогично тому, как это происходит в режиме набора позиций, при переходе ЭКГ с фиксированной на промежуточную позицию замыкаются блок-контакты *ГПпр* между проводами *Н40* и *Н41*, переводя при этом питание катушки контактора 208 на провод Э1,

после чего размыкаются блок-контакты *ГПноз.2* и катушка промежуточного реле 266 теряет питание, реле отключается и разрывает цепь питания катушки контактора 208 от провода *Н34*. Далее при вращении ЭКГ размыкаются блок-контакты *ГПпр*, прекращается питание катушки контактора 208 от провода *Э1*, контактор 208 выключается, останавливается серводвигатель *СМ* и вместе с ним групповой переключатель на фиксированной позиции. Таким образом происходит сброс ЭКГ на одну позицию.

Для того чтобы сбросить еще одну позицию, необходимо перевести главную рукоятку контроллера машиниста в положение *ФВ*, т. е. подать питание на провод *Э9* и от него через схему синхронизации на катушку реле 266, после чего снова перевести главную рукоятку в положение *РВ*. Следовательно, сброс позиций по одной производят, поочередно переставляя главную рукоятку контроллера в положения *РВ* и *ФВ*.

При повороте вала переключателя ступеней с 1-й на нулевую позицию блок-контакты *ГПП1—33* размыкаются и разрывают цепь питания катушки контактора 208 от провода *Н34*. Когда переключатель ступеней достигает нулевой позиции, прерывается питание катушки контактора 208 от провода *Э1* через блок-контакты *ГПпр* между проводами *Н40* и *Н41*; переключатель ступеней останавливается и оказывается зафиксированным на нулевой позиции.

Автоматический сброс позиций. Чтобы осуществить автоматический сброс позиций, следует главную рукоятку контроллера перевести в положение *АВ*. При этом катушки реле 265 и 266 получают постоянное питание от провода *Э9* через схему синхронизации, замыкается контакт реле 266 между проводами *Н34* и *Н36*.

В положении *АВ* снимается напряжение с проводов *Э8*, *Э10* и *Н33* и подается на провода *Э11* и *Н34*. В результате потери питания проводом *Э8* выключается контактор 206 и реверсируется серводвигатель *СМ*. От провода *Н34* подается напряжение на катушку контактора 208, что приводит к безостановочному вращению серводвигателя в сторону сброса позиций переключателя ступеней до нулевой. Остановка и фиксация группового переключателя на нулевой позиции обеспечиваются блок-контактами *ГПП1—33* в цепи питания катушки контактора 208 от провода *Н34*, которые размыкаются и рвут цепь при подходе ЭКГ к нулевой позиции.

Быстрое выключение. В некоторых случаях, когда необходимо очень быстро отключить тяговые двигатели, главную рукоятку контроллера машиниста следует сбросить до упора в крайнее положение *БВ* (быстрое выключение). При этом размыкаются все контакторные элементы контроллера. Вследствие размыкания контакторного элемента в проводе *Э13* снимается напряжение с провода *Н88* и соответственно с удерживающей катушки ГВ. Главный выключатель отключается и снимает напряжение с тягового трансформатора. Одновременно выключаются линейные контакторы 51—54, разбирается схема цепей управления. Групповой переключатель остается в том положении, в каком он был до перевода главной рукоятки контроллера машиниста в положение *БВ*.

После того как главная рукоятка контроллера будет возвращена в нулевое положение, замкнутся контакторные элементы контроллера в проводах *Н33*, *Н34*, *Э11* и *Э13*, образуется цепь питания катушки

контактора 208 для сброса ЭКГ на нулевую позицию, а также подводится напряжение к проводу *Н88*, что дает возможность снова включить главный выключатель.

Цепи синхронизации. Для синхронной работы главных переключателей двух секций на рейке блока тягового трансформатора установлены следующие перемычки: на 1-й секции — между проводами *Э9* и *Н25*, *Э9* и *Н26*; на 2-й — между проводами *Н25* и *Э29*, *Н26* и *Э30* (см. рис. 248). Блок-контакты группового переключателя *ГП1*, *ГП2*, *ГП3* находятся на валу, который делает один оборот при повороте вала силовых контакторов на три позиции. Так, блок-контакт *ГП1* замкнут на позициях 1, 4, 7-й и т. д.; *ГП2* — на позициях нулевой, 2, 5-й и т. д.; *ГП3* — на позициях *П1*, 3, 6-й и т. д. Промежуточные реле 265 обеих секций электровоза контролируют синхронный набор позиций, а реле 266 — их синхронный сброс.

При постановке рукоятки контроллера машиниста в положение *ФП* (или *ФВ*), когда оба переключателя находятся на одной и той же позиции, например нулевой, одновременно получают питание реле 265 и 266 обеих секций по следующим цепям:

первая цепь: провод *Э9*, перемычка на рейке между проводами *Н25* и *Н26*, блок-контакт *ГП1*, провод *Э33* 1-й секции, провод *Э33* 2-й секции, блок-контакт *ГП1*, провод *Н26*, перемычка на рейке между проводами *Н26* и *Э30*, выпрямитель 188, катушка реле 266 2-й секции. Провод *Э30* перекрещивается с проводом *Э29* в межсекционном соединении, и через выпрямитель 187 получает питание реле 265 1-й секции;

вторая цепь: провод *Э9*, провод *Н25*, блок-контакт *ГП1*, провод *Э32* 1-й секции, провод *Э32* 2-й секции, блок-контакт *ГП1*, провод *Н25*, перемычка на рейке между проводами *Н25* и *Э29*, вентиль 187, катушка реле 265 2-й секции. Провод *Э29* перекрещивается с проводом *Э30* в межсекционном соединении, и через выпрямитель 188, получает питание катушка реле 266 на 1-й секции.

После включения реле катушки их получают питание от провода *Э1* через блок-контакт *ГПноз.2* и собственные контакты. Следовательно, при нахождении обоих групповых переключателей на одной и той же позиции контакты реле 265 и 266 в цепи катушки контактора 208 разрешают набор и сброс позиций в обеих секциях.

Однако в неблагоприятных условиях работы возможно рассогласование переключателей на одну позицию. В этом случае в секции электровоза, где переключатель опережает, включается только реле 266, разрешающее сброс позиций, а в секции, где переключатель отстает, включается только реле 265, разрешающее набор позиций. При дальнейшем наборе или сбросе позиций групповые переключатели сходятся к одной и той же позиции и затем работают синхронно.

Если групповые переключатели и схема управления исправны, рассогласование переключателей на одну позицию может произойти при быстром переводе главной рукоятки контроллера машиниста. Поэтому при ручном управлении рекомендуется, переводя главную рукоятку контроллера, несколько задерживать ее в положениях *РП* и *РВ*.

Селеновые выпрямители 187 и 188 в цепи катушек реле 265 и 266 исключают паразитные цепи подпитки катушек реле при работе групповых переключателей по системе двух единиц.

Следует иметь в виду, что когда главная рукоятка контроллера установлена в положение *ФП* или *ФВ*, в провода *Э10* и *Э11* не подается напряжение и поэтому не происходит подпитка катушек контакторов *208* от проводов *Н33* и *Н34* при работе групповых переключателей по системе двух единиц. Катушки контактора *208* получают питание по проводу *Э1* на каждой секции самостоятельно, так как в цепи питания включены блок-контакты *ГПпр* группового переключателя этой секции.

Ослабление возбуждения тяговых двигателей. На всех ходовых позициях группового переключателя ступеней с целью повышения скорости движения может быть применено ослабление возбуждения тяговых двигателей. Переход на ослабленное возбуждение осуществляют, передвигая реверсивную рукоятку контроллера из положения *НП* (нормальное поле) в положения *ОП1*, *ОП2* или *ОП3* (см. рис. 248). В каждом из них включается определенная группа контакторов ослабления возбуждения *65—76*, изменяющих сопротивление резисторов, включенных параллельно обмотке возбуждения двигателей.

Так, когда реверсивная рукоятка установлена в положение *ОП1*, включается контакторный элемент контроллера *Э4* и по одновременно проводу получают питание катушки контакторов *65*, *66*, *71* и *72* через диоды *Д5—Д8* панели защиты от юза. Включаются контакторы *65*, *66* и *71*, *72* (см. рис. 241), образуя шунтирующую обмотки возбуждения двигателей цепь резисторов *1Р1—1Р3*, *2Р1—2Р3*, *3Р1—3Р3* и *4Р1—4Р3*, последовательно с которыми включены индуктивные шунты *ИШ1*, *ИШ2*, *ИШ3* и *ИШ4*. Таким образом, создается первая ступень ослабления возбуждения двигателей, при которой 70% тока якоря протекает через обмотку возбуждения, а 30% ответвляется через шунтирующую цепь.

При постановке реверсивной рукоятки в положение *ОП2* дополнительно включается контакторный элемент контроллера *Э5*, от которого получают питание катушки контакторов *73* и *74*. Это приводит к включению группы контакторов второй ступени ослабления возбуждения *73* и *67*, *74* и *68*. В цилиндры привода каждой из указанных пар контакторов подается сжатый воздух от одного электропневматического вентиля.

Контакты *67*, *68*, *73* и *74* замыкают часть резистора (*1Р1—1Р2*, *2Р1—2Р2*, *3Р1—3Р2* и *4Р1—4Р2*), шунтирующего обмотки возбуждения двигателей, что обеспечивает вторую ступень ослабления возбуждения, при которой через обмотки возбуждения протекает 52% тока якоря.

При положении реверсивной рукоятки на *ОП3* дополнительно включается контакторный элемент контроллера с проводом *Э6*, замыкающий цепь питания катушки контакторов *75* и *76*, что вызывает включение двух пар контакторов *75* и *69*, *76* и *70*. При этом полностью выводятся из цепи, шунтирующей обмотки возбуждения двигателей, резисторы *1Р1—1Р3*, *2Р1—2Р3*, *3Р1—3Р3*, *4Р1—4Р3*. Обмотки возбуждения шунтированы только индуктивными шунтами, что соответствует последней, третьей ступени ослабления возбуждения двигателей, при этом через обмотки возбуждения протекает 43% тока якоря.

Самостоятельная работа секции (см. рис. 240 и 248). При самостоятельной (одиночной) работе секции электровоза переключатель

режимов устанавливают в положение *Рабочий режим*. Кроме того, необходимо: разъединить межсекционные штепсельные соединения; штепсель *277* вставить в розетку *285* своей секции, а штепсели *276*, *278*—в ложные розетки; штепсель *95* амперметровых проводов вставить в розетку *96* своей секции; отключить высоковольтный разъединитель или снять высоковольтные перемычки между секциями на крыше электровоза (при необходимости).

При включении штепселя *277* в розетку *285* электрически соединяются следующие провода: *Э9*, *Э29*, *Э30*, по которым осуществляется питание катушек реле *265*, *266* в обход цепи синхронизации; *Э18* с *Э19*—питание катушек контактора *209* (цепь: провод *Э18*, перемычка розеток *285*, провод *Э19*, контакт реле оборотов *249*, провод *Э34*); *Э35* с *Э37* в первой секции и *Э35* с *Э16*, *Э34* с *Э19* во второй.

Отключение секции. Чтобы отключить какую-либо из секций, устанавливают рукоятку переключателя режимов на ней в положение *Отключение секции*. При этом размыкается контакт *ПР-Р* в цепи катушки реле *248* (см. рис. 236 и 237), что предотвращает включение главного выключателя.

Размыкается также контакт *ПР-Р* в цепи катушки контактора *208*, исключая возможность его включения, и контакт *ПР-Р* в проводе *Э9*, который исключает возможность постоянной подпитки его при установке рукоятки КМЭ рабочей секции в положение *РП* или *РВ* по проводу *Н33* или *Н34* через блок-контакты *ГПП* группового переключателя отключенной секции. Этим при ручном наборе (сбросе) позиций предотвращается возможность самохода группового переключателя рабочей секции, если аналогичный переключатель на отключенной секции застрянет на промежуточных позициях *П1—П5*. Кроме того, размыкаются контакты *ПР-Р* (в цепи провода *Э55*), которые разрывают цепи питания сигнальных ламп *ТД* и *ТР* в отключенной секции (см. рис. 251); замыкаются контакты *ПР-О* (провода *Э9*, *Э29* и *Э30*), в результате чего обеспечивается питание катушек реле *265*, *266* в обход цепи синхронизации (см. рис. 248).

Так как главный выключатель не включается, его блок-контакт шунтирует контакт реле оборотов *249* отключенной секции, обеспечивая питание катушки контактора *209* (см. рис. 240).

Передвижение электровоза от источника постоянного тока пониженного напряжения. В силовой цепи предусмотрены двухполюсные отключатели *19* и *20*, по одному на каждую группу двух тяговых двигателей, а также низковольтные розетки *106* (см. рис. 241), к которым подключаются провода от постоянного источника питания. На электровозе оставляют включенным отключатель *ОД* одного из двигателей, остальные отключатели отключают, а к розетке *106* подключают гибкий провод, по которому на тяговый двигатель подается низкое напряжение (150—200 В). Двухполюсный отключатель *19* или *20* переключают в положение, соответствующее питанию тяговых двигателей от сети депо. Если для передвижения электровоза используется тяговый двигатель *I* или *II*, должен быть включен двухполюсный отключатель *19*; если же используется двигатель *III* или *IV*, должен быть включен отключатель *20*.

При включении отключателя *19* или *20* создается цепь питания линейных контакторов *51*, *52* или *53*, *54* от провода *Н5* соответствен-

но через блок-контакты отключателей 19 или 20 в обход последовательно включенных блокировок. Для передвижения электровоза следует реверсивную рукоятку контроллера машиниста установить в положение *Вперед* или *Назад*, а главную рукоятку — в положение *ФП* или *ФВ*. При этом включится один линейный контактор, в цепи катушки которого замкнуты блок-контакты *ОД*.

§ 86. Режим электрического торможения

На электровозе ВЛ80^Т применена система реостатного торможения с индивидуальными тормозными резисторами и независимым возбуждением тяговых двигателей (рис. 249).

В тормозном режиме параллельно якорю каждого тягового двигателя включается тормозной резистор (*R11*, *R12*, *R13*, *R14*), в цепи которого установлен трансформатор постоянного тока *ТПТЯ*. Эти трансформаторы являются датчиками тормозного тока якоря для системы автоматического управления режимом реостатного торможения.

При реостатном торможении двигатели работают в генераторном режиме с независимым возбуждением. Обмотки возбуждения всех восьми двигателей включаются последовательно и получают питание от двух секций вторичной обмотки тягового трансформатора 7-8 и 8-02 через специальную выпрямительную установку возбуждения 60 (ВУВ). Эта установка выполнена по схеме двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом. Одна фаза ВУВ расположена в 1-й секции электровоза, другая — во 2-й. Связь между ними и обмотками возбуждения осуществляется через межсекционные соединения.

Последовательное соединение восьми обмоток возбуждения обеспечивает равенство потоков возбуждения всех тяговых двигателей, что способствует равномерному распределению нагрузок между ними в режиме торможения.

Как и в режиме тяги, обмотки главных полюсов постоянно шунтированы резисторами *1РО—4РО*, которые в тормозном режиме обеспечивают снижение коммутационных перенапряжений, возникающих при разрыве цепи обмоток возбуждения контакторами 46 и 47. В цепи питания обмоток возбуждения при реостатном торможении предусмотрен трансформатор постоянного тока *ТПТВ*, который является датчиком тока возбуждения тяговых двигателей для системы автоматического управления режимом реостатного торможения. Вторичные обмотки трансформаторов *ТПТВ* и *ТПТЯ* шунтированы нелинейным резистором с целью понижения уровня возникающих перенапряжений на обмотке трансформатора.

Перевод силовых цепей из тягового режима в тормозной и обратно осуществляется двухпозиционными тормозными переключателями 49 и 50, контакторами 46, 47 и блокировочным переключателем *БП*. При этом для каждого якоря тягового двигателя создается своя отдельная замкнутая цепь тормозного режима: линейный контактор, катушка реле перегрузки *РП*, якорь тягового двигателя, контакты тормозного переключателя 49 и 50, катушка реле перегрузки тормозных резисторов *РПТ*, первичная обмотка трансформатора *ТПТЯ*, тормозной резистор.

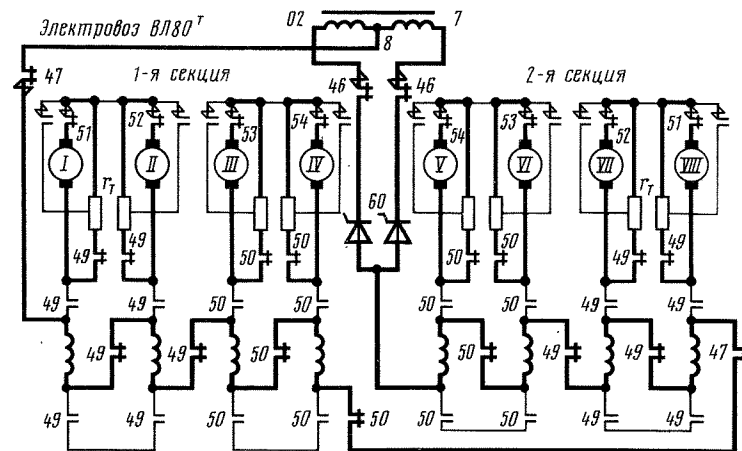


Рис. 249. Схема цепей реостатного торможения электровоза ВЛ80^Т

Перед сбором цепей реостатного торможения реверсивную рукоятку контроллера машиниста необходимо установить в положение *Вперед ПП* (полное поле), а главную — в нулевое положение (см. рис. 248). При этом в проводе Э7 не будет напряжения, а следовательно, не получат питания от этого провода катушки линейных контакторов. Отключение линейных контакторов, а следовательно, замыкание размыкающих блок-контактов 51—54 приводит к подаче питания на катушку промежуточного реле 268 и красную сигнальную лампу *ТД* (см. рис. 251), которая сигнализирует о том, что линейные контакторы отключились и разорвали цепи якорей тяговых двигателей. Размыкающие блок-контакты контакторов 51 и 53, кроме того, шунтируют контакторы реле сброса 266 в цепи катушки контактора 208, что приводит к сбросу позиций группового переключателя (ЭКГ) до нулевой.

Для сбора цепей реостатного торможения необходимо перевести тормозную рукоятку контроллера машиниста из нулевого положения в положение *П*. Перевод ее из нулевого положения в любое другое возможен только при положении реверсивной рукоятки *Вперед ПП*, что обеспечивается соответствующими механическими блокировками валов контроллера машиниста. При постановке тормозной рукоятки в положение *П* замыкается контакторный элемент А8 (см. рис. 248) и подает питание на блок автоматического управления реостатным торможением. Контакторный элемент Э60 замыкает цепь питания катушки промежуточного реле 270, которое, возбудившись, замыкает свои контакты, подготавливая цепь питания катушек контакторов 46 и 47. Размыкающие контакты реле 270 разрывают цепь питания катушек линейных контакторов через блок-контакты *ГПО*.

Одновременно контакторный элемент Э56 замыкает цепь питания катушке *БП торм.* блокировочного переключателя, и он переходит из положения *Тяга* в положение *Торможение*, при этом его контакты производят следующие переключения в цепях управления:

размыкается цепь катушки 4 *вкл* главного выключателя, что исключает возможность включения ГВ в режиме реостатного торможения. Если в режиме реостатного торможения отключился главный выключатель, то, чтобы его восстановить, нужно тормозную рукоятку контроллера машиниста установить на нулевую позицию, а главную рукоятку — в одно из рабочих положений. При этом катушка БП *торм.* потеряет питание, а катушка БП *тяги* получит питание, блокировочный переключатель переключится из положения *Торможение* в положение *Тяга*, замкнутся контакты БП в цепи, питающей катушку включающего электромагнита ГВ, и его можно включить;

замыкаются цепи питания соответствующей катушки на грузочных клапанах 262 или 263;

теряют питание катушки электропневматических клапанов 49 *тяги*, 50 *тяги*, 251—254 *тяги* и получают питание катушки 49 *торм.*, 50 *торм.*, 251—254 *торм.* Тормозные переключатели 49 и 50 переходят из положения *Тяга* в положение *Торможение* и соответственно переключаются устройства 251—254: их заслонки перекрывают доступ охлаждающему воздуху к выпрямительным установкам и открывают доступ воздуху в блоки тормозных резисторов. Одновременно блок-контакты 251—254 подготавливают цепь питания катушек линейных контакторов 51—54, чем контролируется положение этих аппаратов в режиме реостатного торможения;

контактами БП шунтируются контакты реле сброса 266 в цепи питания катушки контактора 208, что обеспечивает возможность дальнейшего сброса ЭКГ на нулевую позицию при включенных линейных контакторах;

получают питание катушки реле времени РВ, а также реле РП через контакты БП. Эти реле своими контактами в силовой цепи (см. рис. 241) подготавливают цепь защиты от юза. Одновременно теряют питание катушки реле времени 211 и 212, которые своими контактами разрывают цепь реле боксования 43 и 44;

подается трехфазное переменное напряжение 380 В на блок автоматического управления реостатным торможением БА, блок измерения БИ и выпрямительные установки возбуждения 60 (см. рис. 238). Когда тормозные переключатели 49 и 50 переходят из положения *Тяга* в положение *Торможение*, замыкаются их блок-контакты и подается напряжение на катушки контакторов 46 и 47 (см. рис. 248) при условии, что замкнуты контакты защитных реле РПТ1—РПТ4, РТВ2, промежуточного реле 270, ПВУ и контактора 128, который включает мотор-вентилятор МВ2, чем контролируется охлаждение выпрямительной установки возбуждения.

Контакторы 46 и 47, включившись, создают цепь питания обмоток независимого возбуждения тяговых двигателей от вторичной обмотки тягового трансформатора через выпрямительные установки возбуждения 60, расположенные в 1-й и 2-й секциях электроваза (см. рис. 241). Блок-контакты контакторов 46 и 47 шунтируют контакты реле 270 (см. рис. 248), и, таким образом, питание катушек контакторов 46 и 47 после их включения производится через собственные блок-контакты независимо от положения реле 270. Вторая пара последовательно включенных блок-контактов 46 и 47 в цепи провода Н6 создает цепь питания катушек линейных кон-

такторов 51—54 в режиме реостатного торможения при условии, что замкнуты блок-контакты контактора 133, включающего мотор-насос масляного охлаждения тягового трансформатора, или замкнута кнопка *Низкая температура масла* на кнопочном выключателе 227 (см. рис. 240), а также замкнуты блок-контакты трехполосных разъединителей выпрямительных установок 81, 82 и блок-контакты контакторов 129, 130, контролирующие работу мотор-вентиляторов МВ3 и МВ4 (см. рис. 238).

При включении линейных контакторов 51—54 размыкаются их блок-контакты в цепи провода Э43 и разрывают цепь питания катушки реле 268 (см. рис. 251), которое своими контактами в цепи провода Э59 рвет цепь питания звукового сигнала 371 (см. рис. 248) и катушки электропневматического клапана торможения 261, одновременно подготавливая цепь питания электроблокировочного вентиля ВР. Кроме того, замыкаются контакты реле 268, шунтирующие контакты реле 270 (цепь питания катушек контакторов 46 и 47 при обесточенном реле 270). Одновременно с выключением реле 268 теряет питание и гаснет красная сигнальная лампа ТД. На этом заканчивается сбор цепей управления и соответственно силовой цепи в режиме реостатного торможения.

Контакторы 46 и 47 (см. рис. 241), включившись, соединяют выпрямительную установку возбуждения с выводами двух секций тягового трансформатора, что создает цепь питания обмоток возбуждения двигателей в режиме реостатного торможения. В один из полупериодов, когда э.д.с. во вторичной обмотке трансформатора направлена от вывода 02 к выводу 5, получаем следующие цепи для прохождения тока: вывод 8 (трансформатора 1-й секции), катушка реле РТВ2, контактор 47, обмотка возбуждения двигателя I, контакты 49, обмотка возбуждения двигателя II, контакты 49, обмотка возбуждения двигателя III, контакты 50, обмотка возбуждения двигателя IV, контакты 50, межсекционное соединение, обмотки возбуждения двигателей 2-й секции (по цепи, аналогичной рассмотренной), тиристоры выпрямительной установки 60, контактор 46, межсекционное соединение, вывод 02 (трансформатора 1-й секции). Во второй полупериод, когда э.д.с. во вторичной обмотке трансформатора направлена в обратном направлении — от вывода 5 к выводу 02, питание обмоток возбуждения производится по следующей цепи: вывод 8, катушка реле РТВ2, контактор 47, последовательно соединенные обмотки возбуждения двигателей 1-й и 2-й секций электроваза (аналогично описанному ранее), межсекционное соединение, контактор 46 1-й секции, катушка реле РТВ1, тиристоры выпрямительной установки возбуждения 60, вывод 7 вторичной обмотки трансформатора. Таким образом, создаются цепи питания последовательно соединенных обмоток возбуждения всех восьми двигателей от вторичной обмотки тягового трансформатора 1-й секции электроваза через ВУВ 60.

При включении линейных контакторов 51—54 образуются самостоятельные цепи питания якорей тяговых двигателей, замкнутые на тормозные резисторы, что обеспечивает при независимом возбуждении работу двигателей в качестве генераторов постоянного тока.

Тормозные резисторы R11—R14 имеют две ступени. В процессе реостатного торможения сопротивление тормозных резисторов

остается постоянным, а регулирование производится путем изменения тока возбуждения тяговых двигателей. С этой целью выпрямленное напряжение, питающее цепь обмоток возбуждения, плавно регулируют тиристорами выпрямительных установок 60. Изменяя напряжение на обмотках возбуждения и соответственно ток возбуждения, плавно регулируют силу торможения электровоза.

Угол открытия тириستоров ВУВ изменяется системой автоматики. С целью увеличения тормозной силы при низких скоростях (ниже 30 км/ч) автоматически включаются контакторы 31—34, замыкающие накоротко одну ступень тормозных резисторов (см. рис. 241).

На катушки контакторов 31 и 33 (см. рис. 240) подается напряжение по проводу Э67 от панели реле переключения ПРП, которая в свою очередь получает питание через блок автоматического управления реостатным тормозом БА (см. рис. 238 и § 68).

Контакты 32 и 34, закорачивающие ступени тормозных резисторов в цепи тяговых двигателей II и IV, включаются одновременно с контакторами 31 и 33, так как цилиндры их приводов имеют общие пневматические цепи; каждая пара контакторов питается сжатым воздухом через один электропневматический вентиль.

Если по какой-либо причине не соберутся цепи реостатного торможения в одной или в обеих секциях электровоза, то не погаснут сигнальные лампы ТД (см. рис. 251). Перевод тормозной рукоятки контроллера из положения П в положение ПТ или Торможение (см. рис. 248) при горящих сигнальных лампах ТД и включенных реле 268 (см. рис. 251), т. е. когда схема реостатного торможения не собрана, приводит к самопроизвольному пневматическому торможению электровоза. В положениях тормозной рукоятки ПТ или Торможение (см. рис. 248) замыкается контакторный элемент в проводе Э59, от которого через замыкающие контакты реле 268 получает питание катушка электропневматического клапана торможения 261, что вызывает пневматическое торможение без участия машиниста. Кроме того, начинает действовать звуковой сигнал 371, сигнализируя о неправильном сборе цепей реостатного торможения. Цепь питания клапана ВР будет разомкнута контактами реле 268 и поэтому обеспечен доступ воздуха в тормозные цилиндры.

Для прекращения самопроизвольного пневматического торможения электровоза необходимо перевести тормозную рукоятку контроллера машиниста в положение П или 0.

Режим подтормаживания. Если в положении П тормозной рукоятки цепи реостатного торможения собраны и не горит сигнальная лампа ТД, тормозную рукоятку можно переводить в положение ПТ, соответствующее режиму подтормаживания электровоза. В этом положении тормозной рукоятки выключаются контакторные элементы Э60, А8 и включается контакторный элемент Э59. При этом теряет питание катушка реле 270, что приводит к размыканию его контакта в цепи катушек контакторов 46, 47 и 51—54, но эти катушки будут получать питание через собственные блок-контакты контакторов. От провода Э59 подается напряжение на катушку вентили ВР, который перекрывает доступ воздуха в тормозные цилиндры электровоза.

Размыкание контакторного элемента контроллера А8 лишает питания блок автоматики, при этом начинает плавно нарастать

тормозная сила примерно до 98 кН в течение 1—2 с, т. е. происходит подтормаживание электровоза, что исключает при дальнейшем увеличении тормозной силы нежелательную реакцию поезда.

Режим торможения. Электрическое торможение электровоза осуществляется путем перевода тормозной рукоятки контроллера машиниста из положения ПТ в положение Торможение. В этом положении вновь получают питание цепи автоматического управления по проводу А8, причем питание подается только сельсину-датчику ДТ, расположенному в контроллере управляемой секции электровоза. Поворачивая тормозную рукоятку, вращают ротор сельсина-датчика ДТ, что приводит к изменению напряжения на его обмотке статора. Это напряжение подается на вход блока автоматики БА. В зависимости от напряжения на обмотке статора сельсина изменяется фаза импульсов, выдаваемых блоком автоматики БА, которые приводят к отпираанию тириستоров выпрямительных установок возбуждения. Чем меньше фаза импульса, тем больше часть проводящего полупериода, в течение которой проходит ток через тиристоры, и тем больше среднее значение выпрямленного напряжения преобразовательных установок 60. Если фаза импульса составляет 120—160°, тиристоры полностью закрыты и ток по обмоткам возбуждения не протекает.

Следовательно, поворачивая тормозную рукоятку, можно плавно изменять выпрямленное напряжение установок 60 и соответственно ток возбуждения тяговых двигателей, в результате чего плавно изменяется сила торможения электровоза.

В положении Торможение начинается плавное нарастание тормозной силы электровоза до значения, которое определяется задатчиком тормозной силы. Задатчик имеет 12 положений: от 196 до 490 кН с равномерными интервалами. Установлен задатчик в контроллере машиниста.

Благодаря электрическому торможению начинается снижение скорости движения (при заданной тормозной силе) до значения, заданного тормозной рукояткой контроллера машиниста. Заданная скорость движения контролируется указателем скорости, установленным на пульте машиниста. Когда действительная скорость движения станет равной заданной (по указателю скорости), тормозная сила электровоза быстро снизится до нуля. Если действительная скорость меньше заданной, не начнется электрическое торможение и будет увеличиваться скорость движения состава на спуске. Следовательно, управление процессом электрического торможения обеспечивает поддержание постоянства скорости движения состава на спуске.

При установке тормозной рукоятки контроллера машиниста в крайнее положение, что соответствует нулевой скорости по указателю скорости, начинается режим остановочного торможения электровоза с заданной силой торможения (по задатчику тормозной силы).

Система управления режимами электрического торможения обеспечивает следующие ограничения (рис. 250): по скорости движения (не более 110 км/ч), по току возбуждения тяговых двигателей (не более 1100 А), по току тормозных резисторов (не более 830 А) и по коммутации.

В режиме электрического торможения электровоза допускается применять пневматическое подтормаживание состава поезда с по-

мощью крана машиниста. Пневматическое торможение электровоза с помощью крана машиниста в режиме реостатного торможения исключается, для чего в схеме (см. рис. 248) предусмотрен клапан регенерации ВР, отключающий воздухопровод от тормозной магистрали.

Допускается совместное электрическое и пневматическое торможение электровоза от прямодействующего крана при условии, что давление в тормозных цилиндрах не будет превышать уставки ПБУ-2 (127,4—156,8 кПа). В случае превышения указанного давления ПБУ-2 разорвет цепь питания катушек контакторов 46 и 47, что вызовет прекращение реостатного торможения. Указанное ограничение вызвано тем, что из-за чрезмерного тормозного усилия может возникнуть заклинивание колесных пар электровоза.

При экстренном торможении снижается давление в тормозной магистрали. Когда это давление достигнет уставки срабатывания ПБУ-1 (264,7—284,2 кПа), контакты ПБУ-1 отключают клапан ВР, через который воздух от воздухопровода поступает в тормозные цилиндры электровоза. При дальнейшем снижении давления срабатывает ПБУ-2, что вызывает разрыв цепи питания катушек контакторов 46 и 47, отключение линейных контакторов 51—54 (см. рис. 248). Это приводит к прекращению реостатного торможения. Блок-контакты контакторов 51—54 замыкают цепь питания реле 268, а размыкающий контакт реле 268 отключает клапан ВР, подготавливая доступ воздуха в тормозные цилиндры электровоза. Контакт реле 268 замыкает цепь питания клапана торможения 261, обеспечивая пневматическое торможение электровоза с одновременным торможением состава; при этом подается звуковой сигнал. Для снятия звукового сигнала и сохранения экстренного пневматического торможения необходимо тормозную рукоятку контроллера установить в нулевое положение.

Возвращение рукоятки тормозного крана из положения экстренного торможения в поездное приводит к увеличению давления воздуха в тормозной магистрали и прекращению пневматического торможения. Контакт ПБУ вновь замыкается, но контакторы 46, 47 не включаются, так как собственные блок-контакты контакторов и контакт реле 270 разомкнуты. Следовательно, цепи тормозного режима не собираются и не восстанавливается режим электрического торможения электровоза.

Аварийное отключение одного или нескольких контакторов 51—54 в режиме электрического торможения приводит к так называемому срыву реостатного торможения, т. е. к прекращению его и автоматическому переходу в режим пневматического торможения электровоза. В этом случае цепи работают так же, как и в режиме экстренного торможения, но несколько изменяется последовательность действия аппаратов.

Для перехода из режима электрического торможения в режим тяги надо перевести тормозную рукоятку контроллера машиниста на нулевую позицию. При этом теряют питание провода Э56 и Э59, что приводит к отключению контакторов 46 и 47, а это влечет за собой отключение линейных контакторов 51—54. Одновременно разрывается цепь питания катушки блокировочных переключателей БП *торм.*, но эти переключатели остаются в положении *Торможение*, так как

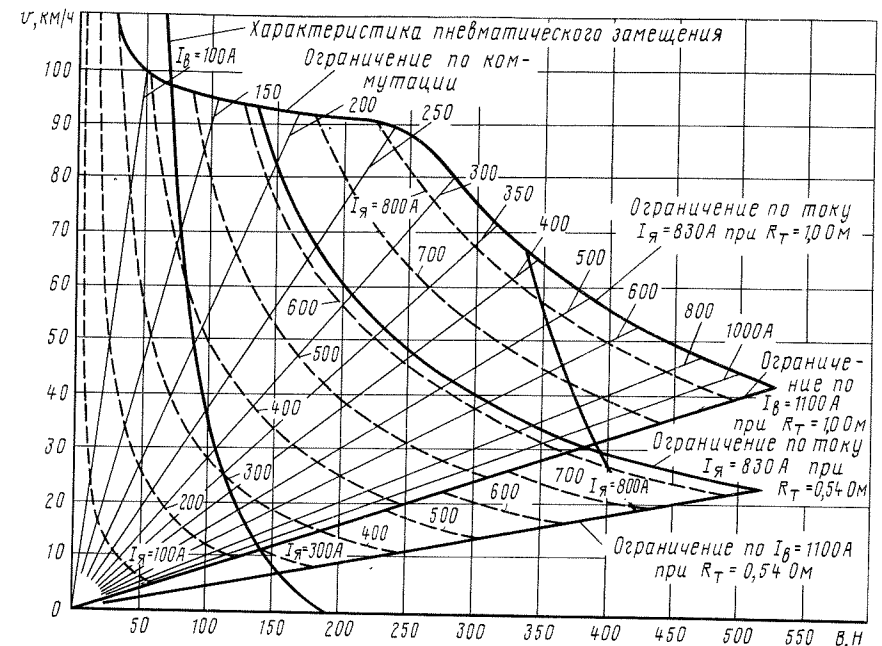


Рис. 250. Тормозные характеристики электровоза ВЛ180^Т с расширенной зоной торможения

для перевода их в положение *Тяга* необходимо еще возбудить катушки БП *тяги*. При снятии напряжения с провода Э59 не проходит ток по катушкам аппаратов ВР, 261 и 371. Переключения в цепях управления являются подготовленными для перехода в режим тяги.

Перемещая главную рукоятку контроллера машиниста из нулевого положения в рабочее, подают питание на катушку электрического клапана БП *тяги*, который при этом переключается из положения *Торможение* в положение *Тяга*.

Переход блокировочного переключателя БП из положения *Торможение* в положение *Тяга* приводит к соответствующим переключениям его контактов в схеме цепей управления. При этом теряют питание катушки 49 *торм.*, 50 *торм.* и 251—254 *торм.*, вслед за этим получают питание катушки 49 *тяги*, 50 *тяги* и 251—254 *тяги*, что приводит к переходу из положения *Торможение* в положение *Тяга* тормозных переключателей 49 и 50, а также устройств переключения воздуха 251—254. Одновременно с этим подается питание нагрузочному клапану 262 или 263 в зависимости от положения реверсивной рукоятки контроллера. Если групповой переключатель находится в нулевом положении, включаются линейные контакторы 51—54. В цепи питания катушки контактора 208 контакты блокировочного переключателя БП разрывают цепь, шунтирующую контакты реле сброса позиции 266.

Кроме указанных переключений, контакты блокировочного переключателя отключают питание трехфазным переменным напряже-

нием 380 В блока автоматического управления реостатным торможением БА, выпрямительных установок возбуждения 60 и блока измерения БИ (см. рис. 238), а также разрывают цепи возбуждения катушек реле времени РВ1 и РВ2 и подают питание на катушки реле времени 211 и 212 (см. рис. 240). В результате выводится из работы цепь реле защиты от юза и подготавливается к работе цепь защиты от боксования (см. рис. 241). Одновременно контакты БП подготавливают цепь питания катушки включающего электромагнита 4 вкл. главного выключателя (см. рис. 237).

На этом заканчивается сбор цепей управления и переключения соответствующих аппаратов для работы электровоза в режиме тяги. При отключении одной секции электровоза независимое питание обмоток возбуждения тяговых двигателей исключается, а следовательно, применять реостатное торможение невозможно.

§ 87. Цепи сигнализации

Лампы сигнализации о состоянии оборудования расположены на панели пульты машиниста (рис. 251). Питание лампы получают по проводу Э55 от кнопки Сигнализация на кнопочном выключателе 224 через автоматический выключатель ВА7 блока 215 (см. рис. 240).

Сигнальные лампы с обозначением ГВ, ППВ, В и 0,ХП имеются по две на сигнальной панели пульты. Одна из них сигнализирует о состоянии оборудования 1-й секции, другая — о состоянии аналогичного оборудования 2-й секции. Провода (Э38 и Э39, Э44 и Э45, Э46 и Э47, Э48 и Э49) сигнальных ламп, которые установлены по две на сигнальной панели в обеих кабинах машиниста, перекрещиваются в межсекционном соединении, поэтому загорание сигнальной лампы передней секции в кабине № 1 сопровождается загоранием соответствующей сигнальной лампы задней секции в кабине № 2, и наоборот. Загорание сигнальных ламп сигнализирует о следующем: красная лампа ГВ — об отключенном положении главного выключателя (цепь этой лампы замыкается размыкающим блок-контактом 4 главного выключателя); красная лампа ВУ — о срабатывании защиты выпрямительной установки от коротких замыканий (цепь этой лампы замыкается размыкающими контактами 21, 22 дифференциального реле БРД); красная лампа В — об отключении контакторов 127, 128, 129, 130 мотор-вентиляторов охлаждения; зеленая лампа 0, ХП — о нахождении группового переключателя ступеней на нулевой или ходовой позиции (цепь лампы замыкается контактами ГП — 0, ХП). Кроме того, благодаря наличию контакта ГПноз.3 сигнальные лампы 0,ХП сигнализируют об остановке группового переключателя на указанных позициях в пределах допустимого угла поворота кулачкового вала, при котором контакты без дугогашения контакторов А, Б, В и Г еще не начали размыкаться. Красная лампа ППВ сигнализирует о переключении из режима тяги в режим торможения и наоборот блокировочного переключателя БП и устройств переключения воздуха. Если горит красная лампа ППВ, это означает, что какое-либо из переключающих устройств находится в неправильном положении.

Кроме указанных, на панели пульты размещены сигнальные лампы РЗ, ТД, РБ, ФР, ТР, ЗБ, ТМ и МК, загорание которых сигнализирует о следующем: красная лампа РЗ — о срабатывании реле замыкания на землю в силовых цепях (88) или вспомогательных цепях (123) на какой-либо секции электровоза; красная лампа ТД — об отключении линейными контакторами 51—54 какого-либо из тяговых двигателей или срабатывании реле перегрузки двигателей; белая лампа РБ — о срабатывании реле боксования 43 и 44, реле юза РЗЮ1—РЗЮ4, реле 267 или включении кнопки Песок; зеленая лампа ФР — о запуске рашеппителей фаз обеих секций (цепь лампы замыкается блок-контактами контакторов 209 и 125). При горении зеленой лампы ФР разрешается включение кнопок вспомогательных машин. Красная лампа ТР сигнализирует об отключении контактором 133 масляного насоса тягового трансформатора; красная лампа ЗБ — об отключении контактора К на распределительном щите, это означает, что заряд аккумуляторной батареи прекратился, а питание цепей управления производится от батареи. Лампа ТМ, загораясь, сигнализирует о нарушении целостности тормозной магистрали и, погасая, затем о начале торможения состава поезда автоматическими тормозами; красная лампа МК сигнализирует об отключении контактора 124 мотор-компрессора.

Лампа МК, которая установлена на электровозах ВЛ80^т с № 980, загорается в том случае, если на одной из секций отключился контактор 124 при замкнутых контактах регулятора давления 230. Все сигнальные лампы, кроме ламп ФР и ТМ, установленные на пульте управления одной секции, связаны межсекционными проводами с соответствующими сигнальными лампами другой секции. Поэтому зажигание или погасание сигнальных ламп происходит одновременно на пультах управления обеих секций. Сигнальные лампы ФР включаются блок-контактами контактора 209 своей секции. Если не загорается

11*

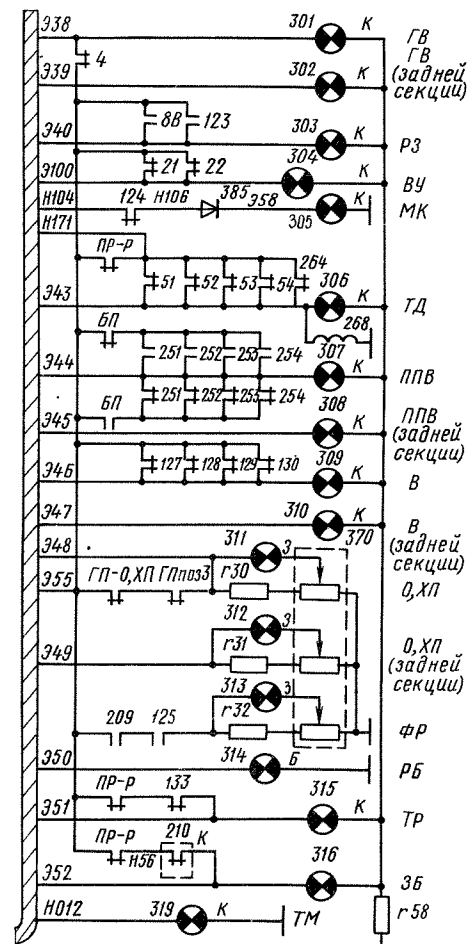


Рис. 251. Схема цепей сигнализации электровоза ВЛ80^т

зеленая лампа ΦP , то это значит, что не запустились расцепители фаз в обеих секциях или в одной из них.

Для снижения напряжения в цепях сигнальных ламп включен дополнительный резистор $r58$, что позволяет увеличить срок службы ламп и уменьшить нагрев пульта управления. В цепи зеленых сигнальных ламп 0 , $XП$ и ΦP , которые при работе электровоза горят в нормальном режиме, предусмотрены регулировочные резисторы, собранные в блок 370. Перемещая движки этих резисторов, можно уменьшить свечение указанных сигнальных ламп в темное время дня.

§ 88. Система контроля состояния тормозной магистрали

На электровозе ВЛ80^т контроль целостности тормозной магистрали осуществляется с помощью пневмоэлектрического датчика ПД, который устанавливается в воздухораспределителе между камерой и главной частью.

Пневматическая часть датчика подключена к каналу дополнительной разрядки магистрали и к каналу тормозного цилиндра. При нарушении целостности тормозной магистрали (расцепление соединительных рукавов, обрыв поезда, срыв стоп-крана и т. п.) резко снижается давление воздуха в воздухопроводе. Это приводит к замыканию контактов датчика дополнительной разрядки ДДР в пневмоэлектрическом датчике ПД, что создает цепь питания катушки промежуточного реле 271 (см. рис. 248).

Размыкающие контакты реле 271 в цепи питания провода НО4 разрывают цепь питания катушки линейных контакторов 51—54, что приводит к отключению тяговых двигателей обеих секций электровоза. Одновременно замыкающие контакты реле 271 между проводами НО1 и НО12 шунтируют контакты датчика ДДР и подают по проводу НО12 питание сигнальной лампе ТМ (тормозная магистраль) на пульте машиниста. Загораясь, красная сигнальная лампа ТМ сигнализирует о нарушении целостности тормозной магистрали.

При глубокой разрядке тормозной магистрали, когда давление в ней снижается более чем на 58,8—78,4 кПа, повышается давление в канале тормозного цилиндра. Если оно достигнет уставки датчика тормозных цилиндров ДТЦ (4,9—5,2 кПа), разомкнутся контакты этого датчика и разорвут цепь питания катушки реле 271. Размыкающие контакты реле вновь замкнутся и подготовят цепь питания линейных контакторов, но линейные контакторы не включатся. Замыкающие контакты реле 271 разорвут цепь питания сигнальной лампы ТМ.

Лампа ТМ погаснет, так как она не может получать питание от провода НО1, из-за наличия в цепи селенового выпрямителя 185. Погасание лампы ТМ сигнализирует о начале торможения состава поезда автотормозами. При отпуске тормозов вначале размыкаются контакты датчика ДДР, а затем замыкаются контакты датчика ДТЦ. Таким образом, реле 271 не включится и благодаря вентилю 185 не загорится сигнальная лампа ТМ.

При отключении катушки реле 271 энергия, запасенная в ней, разряжается через селеновый выпрямитель 186, чем снижается подгар контактов датчика ДТЦ.

ЦЕПИ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ И СИЛОВЫЕ ЦЕПИ

§ 89. Цепи высшего напряжения

Цепи высшего напряжения на всех отечественных электровозах в значительной степени идентичны. Основу этой цепи составляет обмотка высшего напряжения тягового трансформатора. На отечественных электровозах эта цепь содержит токоприемник, катушку помехоподавляющего дросселя, высоковольтный разрядник, разъединитель токоприемника, главный воздушный выключатель, фильтр для защиты поездной радиосвязи от помех, создаваемых электрооборудованием электровоза. В цепь обмотки высшего напряжения тягового трансформатора со стороны земли включен трансформатор тока счетчика электроэнергии. На электровозах разных серий цепи высшего напряжения имеют некоторые особенности.

Для примера рассмотрим схему цепей высшего напряжения электровоза ВЛ60^к (рис. 252). Первичная обмотка А-Х тягового трансформатора 3 соединяется с токоприемником 1 или 2 с помощью главного выключателя 4, а с землей — через трансформатор тока 23. Главные контакты выключателя 4 соединены с цепью токоприемников, а разъединитель главного выключателя — через трансформатор тока ТТ с выводом А первичной обмотки тягового трансформатора. В проходной изолятор главного выключателя встроен трансформатор тока, от которого питается катушка реле максимального тока РМТ. В цепь питания катушки отключающего электромагнита (с16—с30) от обмотки собственных нужд 380 В введены блок-контакты 21 и 22 (см. рис. 273) быстродействующего реле дифференциальной защиты выпрямительной установки. Автоматическое отключение главного выключателя происходит либо в случае превышения уставки током, протекающим через трансформатор ТТ (ток воздействует на реле РМТ), либо при срабатывании реле 21 или 22, воздействующих на отключающий электромагнит.

Главный выключатель ВОВ-25-4М, установленный на электровозах ВЛ60^к, а также на электровозах других серий, имеет заземля-

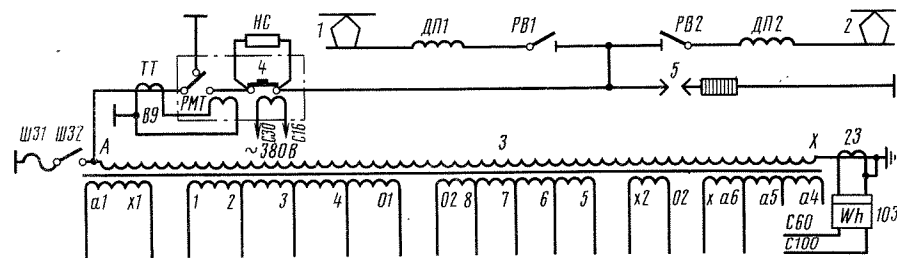


Рис. 252. Схема цепи высшего напряжения электровоза ВЛ60^к

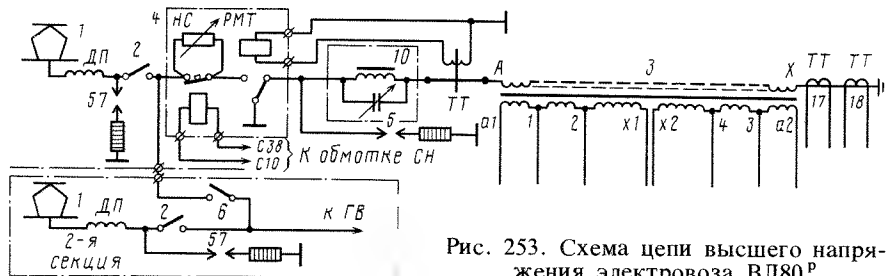


Рис. 253. Схема цепи высшего напряжения электровоза ВЛ80^Р

ющий контакт, с которым соединен ножевой разьединитель в выключенном положении. Поэтому при выключенном ГВ цепь высшего напряжения, в том числе и первичная обмотка тягового трансформатора, оказывается заземленной. Это обеспечивает безопасность обслуживающего персонала при работе в высоковольтной камере электровоза, находящегося под контактным проводом.

Непосредственно за каждым токоприемником (см. рис. 252) включен помехоподавляющий дроссель ДП1 (ДП2), защищающий устройства связи от радиопомех, создаваемых при коммутации тягового тока. Любой из токоприемников может быть отключен высоковольтным разьединителем РВ1 или РВ2. Высоковольтный вилитовый разрядник 5 типа РВЭ-25М включен между разьединителями токоприемника и землей.

При включенном ГВ и поднятом токоприемнике по первичной обмотке тягового трансформатора протекает ток, который обусловлен нагрузкой силовой и вспомогательной цепей. Когда цепи тяговых двигателей и вспомогательные цепи разомкнуты, по первичной обмотке тягового трансформатора протекает незначительный ток холостого хода. Если по цепи высшего напряжения и, следовательно, через стержень проходного изолятора главного выключателя будет протекать ток, превышающий ток уставки (400 ± 20 А), главный выключатель выключится и разорвет цепь первичной обмотки тягового трансформатора.

Все высоковольтное оборудование, входящее в цепь высшего напряжения, за исключением тягового трансформатора, расположено на крыше электровоза.

На двухсекционных электровозах ВЛ80 всех индексов на каждой секции имеется своя цепь высшего напряжения. Эти цепи идентичны и соединяются одна с другой высоковольтным разьединителем 6 (начиная с № 575) (рис. 253), по конструкции аналогичным разьединителю токоприемника. Нормально разьединитель должен быть включен. С помощью этого разьединителя цепи высшего напряжения двух секций можно питать от двух токоприемников или от любого из них. На электровозах ВЛ60^к, а также на электровозах ВЛ80^к первых выпусков не было дополнительного фильтра 10 для защиты поездной радиосвязи.

На электровозах ВЛ80^Р установлены два вилитовых разрядника 5 и 57. Первый из них типа РВМЭ-25 включен после главного выключателя и предназначен главным образом для защиты от коммутационных перенапряжений; он не защищает крышное оборудование при выключенном ГВ. Разрядник 57 типа РВЭ-25М, вклю-

ченный между катушкой помехоподавляющего дросселя и разьединителем токоприемника, предназначен для защиты цепи высшего напряжения от атмосферных перенапряжений.

Цепь высшего напряжения электровоза ВЛ80^с такая же, как на ВЛ80^Т.

В цепи высшего напряжения электровоза ЧС4 (рис. 254) токоприемники 001 и 002 соединены друг с другом и с главным выключателем 006 через высоковольтный разьединитель 003. Разьединитель снабжен заземлителем, что позволяет отключить от цепи любой опущенный токоприемник и заземлить его. Цепь высшего напряжения на недействующем электровозе ЧС4 будет заземлена при выключенном разьединителе главного выключателя, что обеспечивает безопасность ремонтных работ, когда электровоз стоит под контактным проводом. При поднятом токоприемнике и включенном главном выключателе высокое напряжение подается на регулировочную обмотку тягового трансформатора по следующей цепи: токоприемник 001 или 002, высоковольтный разьединитель 003, главный выключатель 006, проходной изолятор 004, проходной измерительный трансформатор тока 008, регулировочная обмотка 015, проходной измерительный трансформатор тока 009, устройство для отвода тока (заземлитель) 007. Высоковольтный вилитовый разрядник 007, защищающий цепь электровоза от атмосферных перенапряжений, включен между разьединителем токоприемников (пантографов) и главным выключателем.

Дополнительная цепь между проходным изолятором 004 и одной из средних точек регулировочной обмотки тягового трансформатора (через проходной измерительный трансформатор тока 010) предназначена для работы электровоза при напряжении контактной сети 12 кВ. В нормальных условиях цепь отключена и питание регулировочной обмотки производится через проходной измерительный трансформатор тока 008. Если же электровоз должен работать при номинальном напряжении в контактной сети не 25 кВ, а 12 кВ, то выводится из работы цепь питания через проходной измерительный трансформатор тока 008 и вводится цепь питания через трансформатор тока 010.

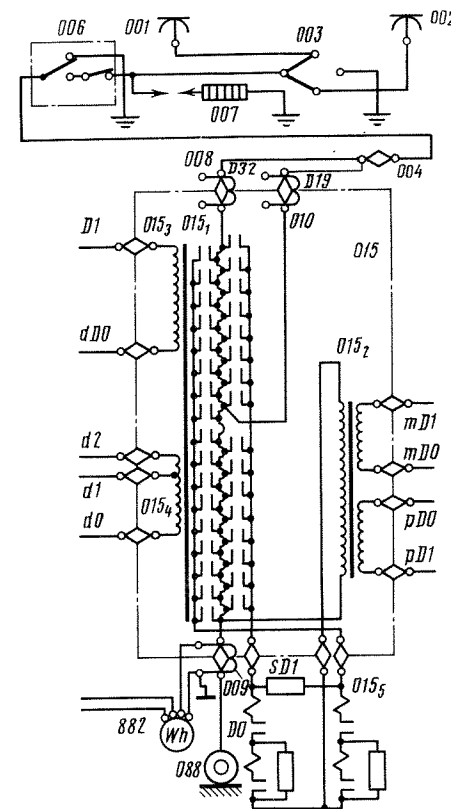


Рис. 254. Схема цепи высшего напряжения электровоза ЧС4

Для этого соответственно переключают шины, соединяющие проходной изолятор 004 с трансформатором 008 или 010.

Измерительные трансформаторы тока 008 и 010 предназначены для питания токовых реле, защищающих от перегрузки регулировочную обмотку тягового трансформатора, а трансформатор тока 009—для питания токовой катушки счетчика электроэнергии.

Резистор SD1 является защитным, а резисторы, включенные параллельно контакторам переключателя ступеней,—переходными: в процессе перехода с одной ступени регулирования на другую они исключают возможность короткого замыкания секций обмотки трансформатора. Регулировочная обмотка имеет 32 вывода для регулирования напряжения.

Электровозы ЧС4^т имеют такую же цепь высшего напряжения. Отличие заключается в том, что обмотка 015₄ тягового трансформатора имеет два дополнительных вывода для питания через тиристорный преобразователь последовательно включенных обмоток возбуждения тяговых двигателей в режиме реостатного торможения. Кроме того, между токоприемниками 001(002) и разъединителями 003 (см. рис. 254) на электровозах ЧС4^т установлены катушки помехоподавляющих дросселей.

§ 90. Силовые цепи электровозов ВЛ60^к и ВЛ80^к

Силовые цепи электровозов ВЛ60^к и ВЛ80^к во многом схожи с силовыми цепями электровоза ВЛ80^т (см. § 84). Группы тяговых двигателей питаются от вторичных обмоток трансформатора через выпрямительные установки, представляющие собой выпрямительные мосты с двумя разомкнутыми плечами. Каждая вторичная обмотка имеет две части—несекционированную и секционированную. Секционированная часть содержит четыре одинаковые секции (рис. 255). Регулирование напряжения на вторичной обмотке производится групповым переключателем ступеней трансформатора ЭКГ-8Ж (см. § 49). В процессе регулирования предусмотрено встречное и согласное включение несекционированной и секционированной частей вторичной обмотки (рис. 256). Переход с одной ступени регулирования на другую производится с помощью переходных реакторов. В цепь каждой группы двигателей включен сглаживающий реактор.

Это общие принципы устройства и работы силовых цепей электровозов ВЛ80^т, ВЛ80^к и ВЛ60^к. Силовые цепи электровозов ВЛ60^к и ВЛ80^к имеют некоторые особенности и отличия.

На электровозе ВЛ60^к (см. рис. 255) установлены две группы тяговых двигателей (в каждой по три включенных параллельно), в цепи обмотки возбуждения каждого двигателя предусмотрена генераторная защита в нестационарных режимах. Напряжение холостого хода вторичной обмотки тягового трансформатора при напряжении в контактной сети 25 кВ равно 2060 В, так как тяговые двигатели НБ-412К, установленные на электровозах ВЛ60^к, рассчитаны на номинальное напряжение 1600 В. Напряжение на двигателе может быть более высоким при малых нагрузках (рис. 257). Это нужно иметь в виду, когда электровоз работает на последних ступенях регулирования, при повышенном напряжении в контактной сети.

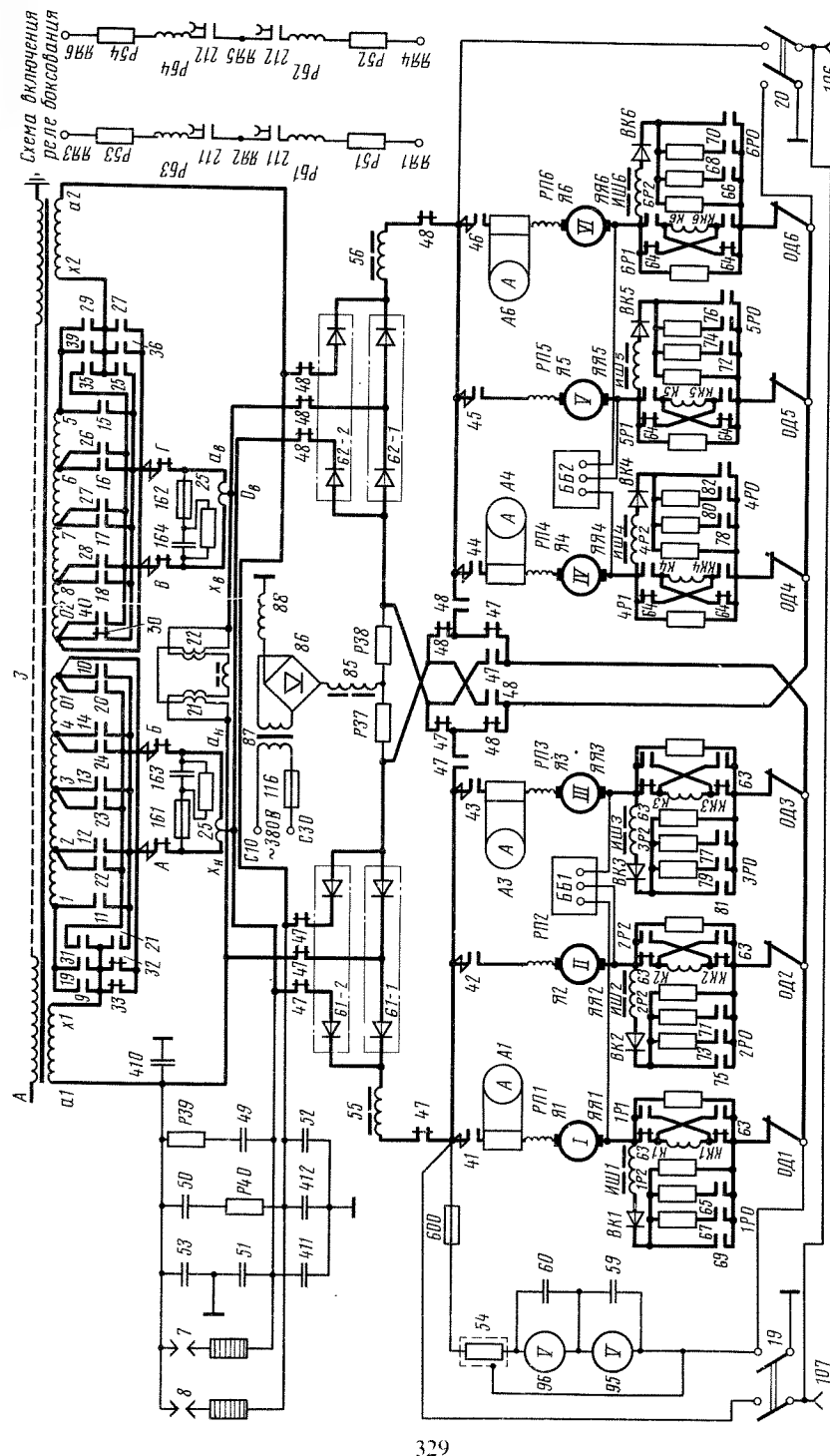


Рис. 255. Схема силовой цепи электровоза ВЛ60^к

Таблица 10

Степень ослабления возбужде- ния	Положение контакторов ослабления возбуждения			Ослабле- ние возбуж- дения, %	Сопротив- ление ступени, Ом
	65, 71, 77 (66, 72, 78)	67, 73, 79 (68, 74, 80)	69, 75, 81 (70, 75, 82)		
НП	—	—	—	95	0,6470
ОП1	×	—	—	71	0,0830
ОП2	×	×	—	55	0,0415
ОП3	×	×	×	46	0,0290

Ток в силовой цепи (рис. 258) проходит так же, как на электровозе ВЛ80^т.

Групповой переключатель, как и на электровозе ВЛ80^т, имеет 33 позиции; предусмотрены три степени ослабления возбуждения тяговых двигателей, что обеспечивается включением индивидуальных электропневматических контакторов 65—82 (см. рис. 255). Порядок включения этих контакторов и степени ослабления возбуждения приведены в табл. 10. Значения, указанные в таблице, означают ту

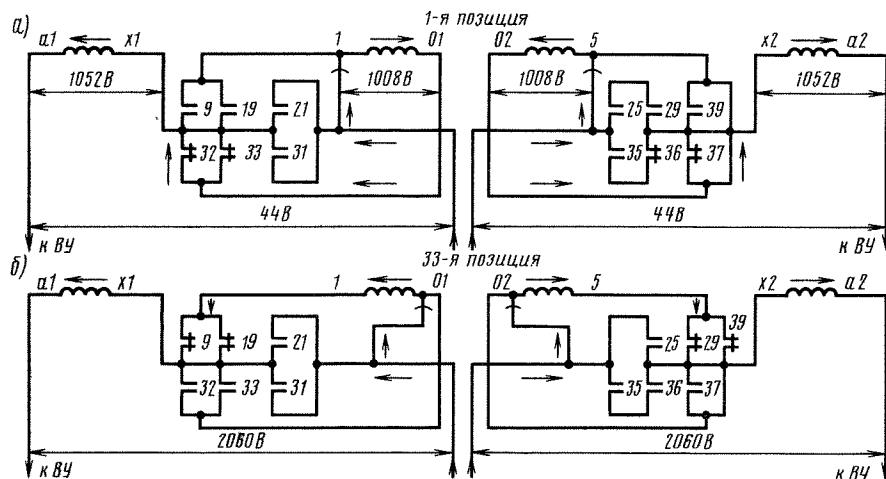
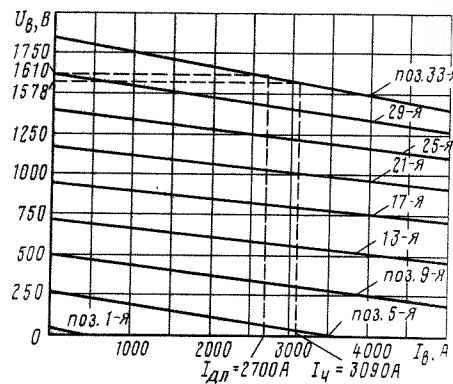
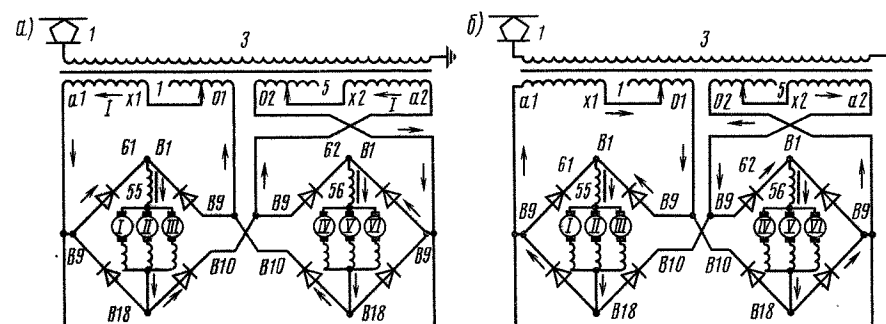
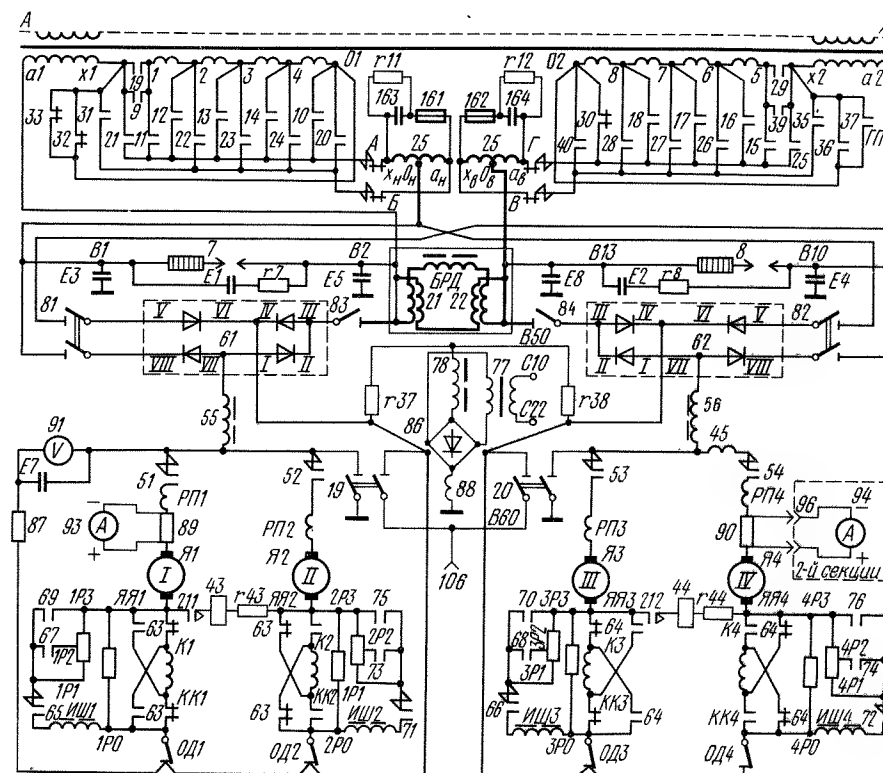


Рис. 256. Встречно-согласное соединение обмоток тягового трансформатора

Рис. 257. Внешние характеристики преобразовательного агрегата электровоза ВЛ60^кРис. 258. Прохождение тока в силовой цепи электровоза ВЛ60^к в первый (а) и во второй (б) полупериодыРис. 259. Схема силовой цепи электровоза ВЛ80^к

часть поля, которая остается в двигателях на соответствующих позициях.

На электровозах ВЛ80^к не применяется электрическое торможение, поэтому в силовых цепях (в отличие от электровоза ВЛ80^т) отсутствует оборудование, которое связано с осуществлением этого торможения (тормозные резисторы, тормозные переключатели, выпрямительные установки возбуждения, контакторы цепи возбуждения 46 и 47). На электровозах ВЛ80^к (рис. 259) отключение выпрямительных установок производится двумя разъединителями 81, 83 или 82, 84. Для защиты контакторных элементов в процессе коммутации от перенапряжений в цепи переходных реакторов применена конденсаторная защита. В остальном построение силовой цепи и ее работа не отличаются от устройства и работы силовой цепи электровоза ВЛ80^т.

§ 91. Силовые цепи электровоза ВЛ80^р

Построение силовых цепей. Силовые цепи электровоза ВЛ80^р существенно отличаются от силовых цепей электровоза ВЛ80^т. Это объясняется тем, что на электровозах ВЛ80^р применено не ступенчатое, а плавное, бесконтактное регулирование напряжения тяговых двигателей с помощью тиристорных преобразователей, а также рекуперативное торможение. С этой целью для каждой пары тяговых двигателей установлен отдельный выпрямительно-инверторный преобразователь (рис. 260).

Тяговые двигатели электровоза работают на выпрямленном пульсирующем токе. Преобразование однофазного тока контактной сети в выпрямленный осуществляется с помощью тягового трансформатора 3 и двух выпрямительно-инверторных преобразователей (ВИП) 61 и 62, установленных в каждой секции.

Каждый ВИП собран на управляемых вентилях (тиристорах) и имеет восемь плеч, образующих мостовую схему. Все плечи имеют по семь параллельных ветвей с тремя последовательно соединенными вентилями (за исключением 5-го и 6-го плеч в каждой ветви, в которых по два последовательно соединенных вентиля). Для равномерного распределения тока по параллельно соединенным ветвям применены индуктивные делители тока ИД (рис. 261).

Выводами А, В, С и D преобразователь 61 подключен к тяговой обмотке а1-х1 (см. рис. 260), а преобразователь 62—к обмотке а2-х2 трансформатора. К выводам «+» и «-» ВИП подключаются цепи выпрямленного тока тяговых двигателей соответственно I, II и III, IV.

Напряжение холостого хода тяговых обмоток а1-х1 и а2-х2 составляет 1230 В. Обмотки а1-х1 и а2-х2 разделены каждая на три секции. Секции а1-1 и а2-3 имеют напряжение холостого хода 307 В, секции 1-2 и 3-4—308 В и секции 2-х1 и 4-х2—напряжение 615 В.

Плавное регулирование напряжения тяговых двигателей достигается управлением тиристорами соответствующих плеч преобразователей 61 и 62.

Включение и отключение тяговых двигателей I—IV производятся соответствующими автоматическими выключателями 51—54. Реверсивные переключатели 63, 64 обеспечивают изменение направления

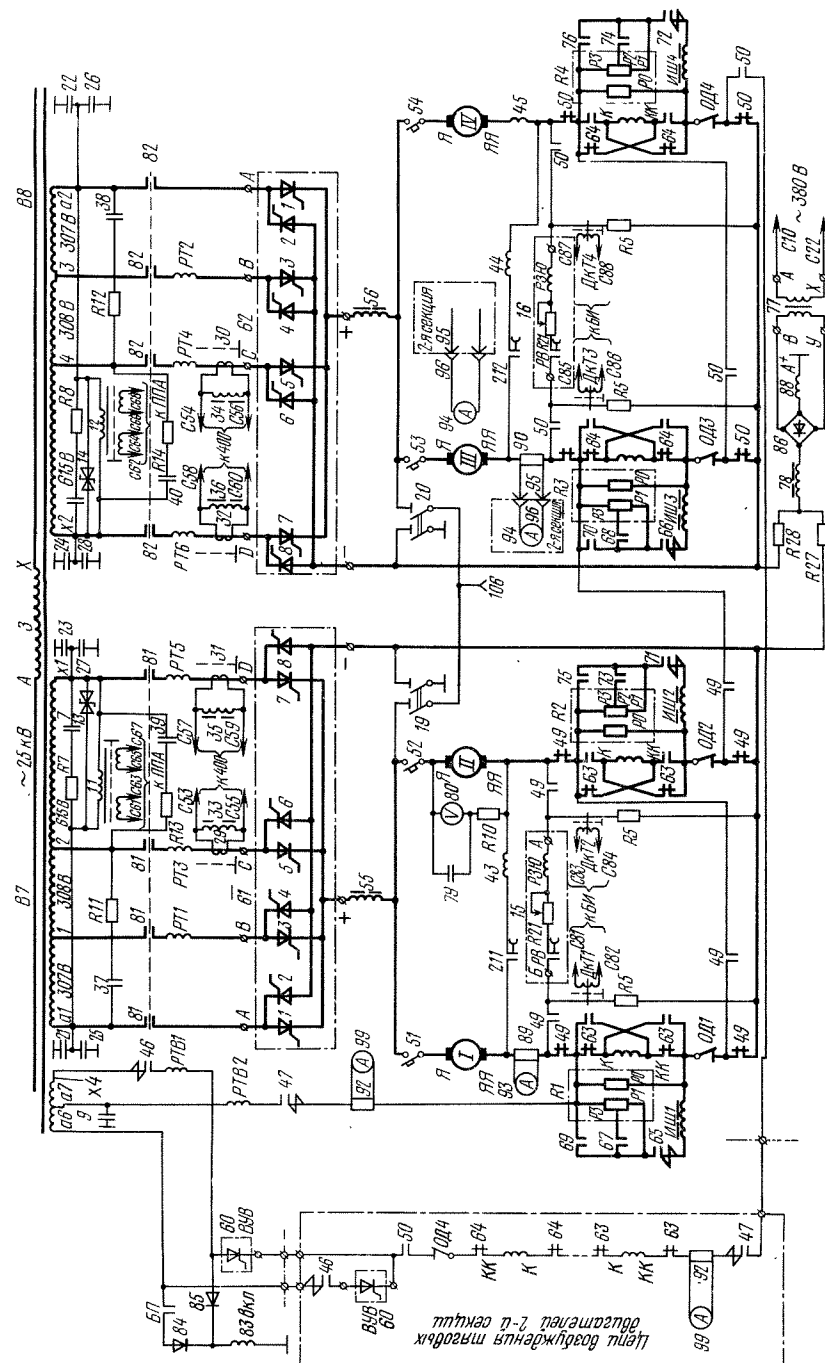


Рис. 260. Схема силовых цепей электровоза ВЛ80^р

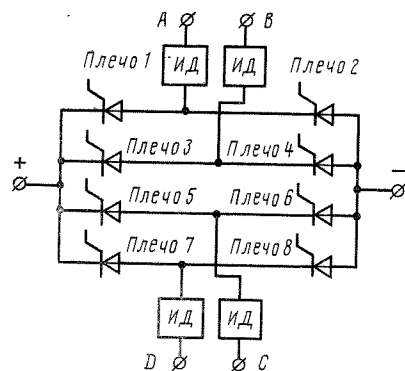


Рис. 261. Упрощенная силовая схема преобразователя

После полного открытия всех тириستоров ВИП дальнейшее увеличение скорости электровоза достигается ослаблением возбуждения тяговых двигателей, для чего их обмотки возбуждения шунтируют резисторами $R1—R4$ (выводы $P1, P2, P3$) и индуктивными шунтами $ИШ1—ИШ4$. Предусмотрены три ступени ослабления возбуждения: первая ОП1—70%, вторая ОП2—52% и третья ОП3—43%. Это значит, что соответственно 70, 52 и 43% тока якоря проходит по обмотке возбуждения.

Первая ступень ослабления возбуждения достигается подключением электропневматическими контакторами 65, 66, 71, 72 параллельно обмоткам возбуждения последовательно соединенных резисторов $R1—R4$ с выводами $P1—P3$ и индуктивных шунтов $ИШ1—ИШ4$. На второй ступени ослабления контакторы 67, 68, 73, 74 замыкают накоротко часть резисторов $R1—R4$ с выводами $P1—P2$, что приводит к уменьшению тока в обмотках возбуждения. На третьей ступени контакторы 69, 70, 75, 76, замыкаясь, выводят резисторы $P1—P3$ полностью и обмотки возбуждения шунтируются только индуктивными шунтами. Ослабление возбуждения обеспечивается активным сопротивлением индуктивных шунтов.

Индуктивные шунты $ИШ1—ИШ4$ включены для снижения бросков тока и облегчения условий коммутации тяговых двигателей при неустойчившихся процессах в контактной сети (колебание напряжения в контактной сети или его восстановление после кратковременного снятия).

В случае необходимости любой из тяговых двигателей может быть отключен соответствующим разъединителем ОД1—ОД4. При этом отключаются, кроме того, соответствующие автоматические выключатели 51—54. Любой из выпрямительно-инверторных преобразователей 61, 62 может быть отключен переключателем 81, 82. При этом также отключаются соответствующие автоматические выключатели 51, 52 или 53, 54.

Питание тяговых двигателей, от источника низкого напряжения (сеть депо) осуществляется через розетку 106 и разъединители 19, 20.

тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей, чем достигается изменение направления движения электровоза. Измерение действительного значения тока якоря двигателей в рекуперативном режиме осуществляется датчиками тока ДкТ1—ДкТ4.

Для снижения пульсаций выпрямленного тока в цепи тяговых двигателей установлены сглаживающие реакторы 55, 56. С целью уменьшения пульсации тока и, следовательно, потока возбуждения, обмотки возбуждения тяговых двигателей шунтированы резисторами $R1—R4$ (выводы $P0—P3$) постоянного сопротивления.

Все переключения в силовой цепи при переходе из режима тяги в режим рекуперации и наоборот производятся тормозными переключателями 49 и 50. В режиме торможения якорь каждого тягового двигателя отключен от обмотки возбуждения и подключен последовательно со стабилизирующим резистором $R5$ к выпрямительно-инверторному преобразователю; обмотки возбуждения всех двигателей 1-й и 2-й секций соединены последовательно.

Обмотка тягового трансформатора $x4-a6$ и выпрямительные установки возбуждения 1-й и 2-й секций образуют схему двухполупериодного выпрямления с нулевой точкой для питания выпрямленным напряжением обмоток возбуждения тяговых двигателей. Напряжение холостого хода между выводами $a6-a7$ и $a7-x4$ составляет 180 В. Включение и отключение обмоток возбуждения осуществляются электропневматическими контакторами 46, 47.

Тяговые двигатели в режиме рекуперации работают как генераторы постоянного тока с независимым возбуждением. Рекуперативное торможение осуществляется путем инвертирования постоянного тока тяговых двигателей, работающих генераторами, в переменный ток промышленной частоты.

Стабилизирующий резистор $P5$ необходим для обеспечения электрической устойчивости при параллельной работе инвертора и генерирующих тяговых машин.

Тяговый режим. Схема силовых цепей предусматривает четыре зоны фазового регулирования выпрямленного напряжения.

Фазовое регулирование в пределах каждой зоны осуществляется изменением угла открытия тириستоров плеч 1—8 (рис. 262) с помощью блока управления. В 1-й зоне регулирования тяговые двигатели питаются от выпрямительных мостов, образуемых плечами 3, 6 и 4, 5, которые подключают их к выводам секций 1, 2 и 3, 4 обмоток трансформатора.

Первыми открываются тиристоры плеч 3 и 5 соответственно в начале каждого полупериода напряжения при подаче на их управляющие электроды импульса с углом открытия α_0 и остаются открытыми весь полупериод. Тиристоры плеч 4 и 6 в соответствующие полупериоды открываются при поступлении на их управляющие электроды импульсов с углом открытия $\alpha_{рег}$, равным вначале 170° , а затем плавно уменьшаемым до $10—15^\circ$.

Когда тиристоры плеч 4 и 6 закрыты, в силовой цепи ток не протекает. По мере уменьшения угла $\alpha_{рег}$ в силовой цепи появится ток, и выпрямленное напряжение будет постепенно возрастать (рис. 263, а).

В конце 1-й зоны, когда эти тиристоры полностью открыты каждый полупериод, выпрямленное напряжение (и скорость электровоза) достигнет наибольшего для этой зоны значения, определяемого напряжением секции 1-2 (3-4) тягового трансформатора, составляющим примерно 300 В.

При переходе с 1-й во 2-ю зону регулирования вступают в дей-

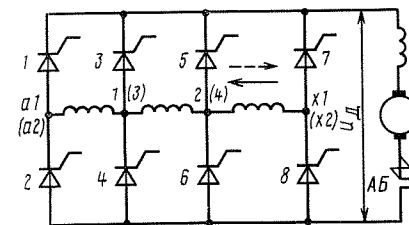


Рис. 262. Упрощенная силовая схема электровоза ВЛ80^Р

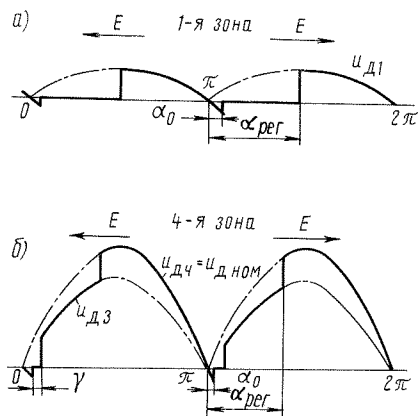


Рис. 263. Форма выпрямленного напряжения при регулировании в 1-й (а) и 4-й (б) зонах

ет от вывода 1 (3) к выводу 2 (4) секции 1-2 (3-4) тягового трансформатора через плечо 5, цепи тяговых двигателей, плечо 4, вывод 1 (3) трансформатора. Во второй полупериод ток проходит от вывода 2 (4) секции 1-2 (3-4) трансформатора, через плечо 3, цепи тяговых двигателей, плечо 6, вывод 2 (4) обмотки трансформатора. При уменьшении угла $\alpha_{рег}$ тиристоры плеч 1 и 2 открываются и берут на себя нагрузку, а тиристоры плеч 3 и 4 запираются. С этого момента ток протекает через тиристоры плеча 6, от вывода 2(4) к выводу а1 (а2) обмотки трансформатора, тиристоры плеча 1 и далее через цепи тяговых двигателей, а в следующий полупериод — через тиристоры плеча 2, от вывода а1 (а2) к выводу 2(4) трансформатора и далее через цепи тяговых двигателей. По мере уменьшения $\alpha_{рег}$ тиристоры плеч 1 и 2 выпрямленное напряжение плавно увеличивается и в конце 2-й зоны при полностью открытых тиристорах плеч 1, 6 и 2, 5 определяется суммарным напряжением двух секций а1(а2)-2(4) обмотки трансформатора, что составляет примерно 600 В.

По окончании регулирования во 2-й зоне при дальнейшем движении главного штурвала контроллера машиниста и переходе в 3-ю зону (рис. 264) происходит автоматический мгновенный перевод нагрузки с двух малых секций а1(а2)-2(4) тягового трансформатора на одну большую секцию х1 (х2)-2(4), которая имеет такое же напряжение (около 600 В). Это производится путем переключения импульсов управления с тиристоров плеч 1, 2, 5, 6 на тиристоры плеч 5, 6, 7, 8.

В начале регулирования в 3-й зоне тиристоры плеч 5, 6, 7, 8 полностью открыты в каждый соответствующий полупериод питающего напряжения. Ток протекает через секцию х1 (х2)-2(4) и тиристоры 8, 5 или 6, 7. Затем вступают в действие тиристоры плеч 3 и 4, которые открываются при подаче на их управляющие электроды импульсов, регулируемые по фазе с углом $\alpha_{рег}$; при этом прекращается работа тиристоров плеч 5 и 6. Ток протекает по двум

ствие тиристоры плеч 1 и 2 и тяговые двигатели получают питание от выпрямительных мостов, которые образуются плечами 1, 6 и 2, 5, подключая их к выводам а1-2 и а2-4 обмоток трансформатора.

Во 2-й зоне регулирования тиристоры плеч 3, 4, 5 и 6 открыты весь соответствующий период питающего напряжения, а открытие тиристоров плеч 1 и 2 регулируется путем подачи на их управляющие электроды импульсов с углом $\alpha_{рег}$, который плавно изменяется в диапазоне $170-10^\circ$.

Вначале во 2-й зоне ток в силовой цепи протекает, как и в конце 1-й зоны, поскольку тиристоры плеч 1 и 2 еще не открыты. В один из полупериодов ток протека-

ет от вывода 1 (3) к выводу 2 (4) секции 1-2 (3-4) тягового трансформатора через плечо 5, цепи тяговых двигателей, плечо 4, вывод 1 (3) трансформатора. Во второй полупериод ток проходит от вывода 2 (4) секции 1-2 (3-4) трансформатора, через плечо 3, цепи тяговых двигателей, плечо 6, вывод 2 (4) обмотки трансформатора. При уменьшении угла $\alpha_{рег}$ тиристоры плеч 1 и 2 открываются и берут на себя нагрузку, а тиристоры плеч 3 и 4 запираются. С этого момента ток протекает через тиристоры плеча 6, от вывода 2(4) к выводу а1 (а2) обмотки трансформатора, тиристоры плеча 1 и далее через цепи тяговых двигателей, а в следующий полупериод — через тиристоры плеча 2, от вывода а1 (а2) к выводу 2(4) трансформатора и далее через цепи тяговых двигателей. По мере уменьшения $\alpha_{рег}$ тиристоры плеч 1 и 2 выпрямленное напряжение плавно увеличивается и в конце 2-й зоны при полностью открытых тиристорах плеч 1, 6 и 2, 5 определяется суммарным напряжением двух секций а1(а2)-2(4) обмотки трансформатора, что составляет примерно 600 В.

По окончании регулирования во 2-й зоне при дальнейшем движении главного штурвала контроллера машиниста и переходе в 3-ю зону (рис. 264) происходит автоматический мгновенный перевод нагрузки с двух малых секций а1(а2)-2(4) тягового трансформатора на одну большую секцию х1 (х2)-2(4), которая имеет такое же напряжение (около 600 В). Это производится путем переключения импульсов управления с тиристоров плеч 1, 2, 5, 6 на тиристоры плеч 5, 6, 7, 8.

В начале регулирования в 3-й зоне тиристоры плеч 5, 6, 7, 8 полностью открыты в каждый соответствующий полупериод питающего напряжения. Ток протекает через секцию х1 (х2)-2(4) и тиристоры 8, 5 или 6, 7. Затем вступают в действие тиристоры плеч 3 и 4, которые открываются при подаче на их управляющие электроды импульсов, регулируемые по фазе с углом $\alpha_{рег}$; при этом прекращается работа тиристоров плеч 5 и 6. Ток протекает по двум

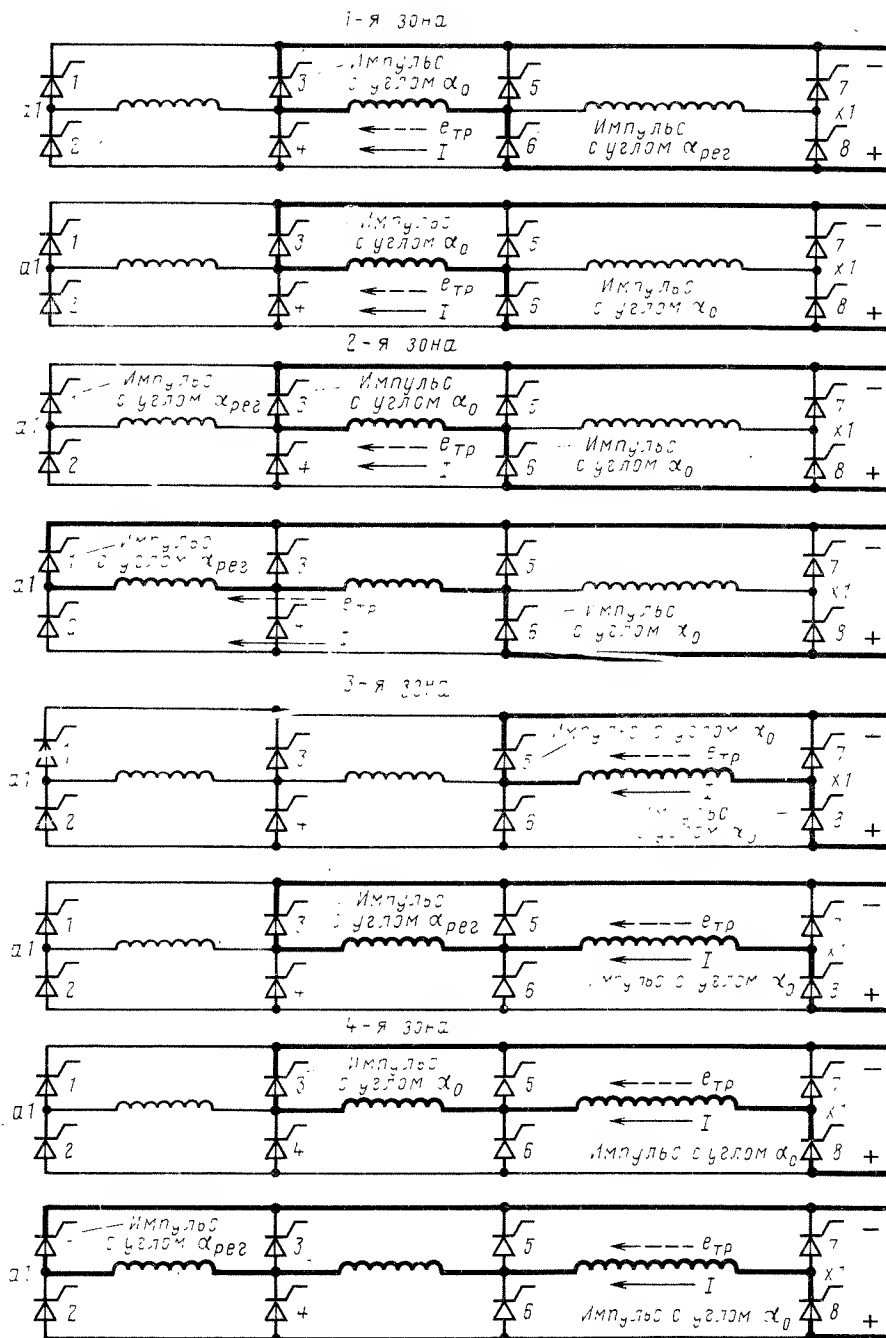


Рис. 264. Схемы, поясняющие работу ВИП в 1-й—4-й зонах регулирования в тяговом режиме

секциям $x1(x2)-2(4)$ и $2(4)-1(3)$ через тиристоры плеч 3, 8 или 4, 7. Тиристоры плеч 3 и 4 полностью открыты в каждый соответствующий полупериод. По мере уменьшения угла $\alpha_{\text{рег}}$ тиристоров плеч 7 и 8 выпрямленное напряжение возрастает, и в конце 3-й зоны, когда тиристоры плеч 7 и 8 полностью открыты, оно определяется суммарным напряжением двух секций $x1(x2)-1(3)$, равным примерно 900 В.

При переходе в 4-ю зону вступают в действие тиристоры плеч 1 и 2 (см. рис. 264), которые открываются при подаче на их управляющие электроды импульсов напряжения, регулируемых по фазе с углом открытия $\alpha_{\text{рег}}$.

В начале 4-й зоны, пока тиристоры 1 и 2 еще закрыты, ток проходит через полностью открытые тиристоры плеч 3 и 8 или 4 и 7, как и в конце 3-й зоны. Затем углы открытия тиристоров уменьшаются, что приводит к повышению выпрямленного напряжения (рис. 263). При некотором значении угла $\alpha_{\text{рег}}$ тиристоры плеч 1 и 2 откроются, а тиристоры плеч 3 и 4 прекратят работу. С этого момента ток протекает через все три секции $x1(x2)-a1(a2)$ обмотки трансформатора и тиристоры плеч 1 и 8 или 2 и 7. По мере уменьшения угла открытия $\alpha_{\text{рег}}$ тиристоров плеч 1 и 2 выпрямленное напряжение возрастает. В конце 4-й зоны, когда тиристоры плеч 1 и 2 полностью открыты в каждый соответствующий полупериод, выпрямленное напряжение достигнет максимального значения, определяемого напряжением всей вторичной обмотки тягового трансформатора, которое составляет около 1200 В. Алгоритм работы тиристоров (рис. 265) определяется подачей на их управляющие электроды импульсов с углом открытия α_0 , т. е. с минимальным углом, при котором тиристор открывается, или с углом $\alpha_{\text{рег}}$, регулируемым от максимального значения, при котором тиристор еще закрыт, до минимального, при котором тиристор полностью открыт в течение всего полупериода напряжения сети. Пользуясь алгоритмом работы тиристоров и силовой схемой, можно определить токопрохождение в каждой зоне регулирования.

При необходимости снижения выпрямленного напряжения главный штурвал контроллера машиниста поворачивают в обратную сторону. При этом регулируемые углы $\alpha_{\text{рег}}$ постепенно увеличиваются и происходит переход из более высокой зоны в более низкую. Порядок открытия тиристоров плеч соответствует алгоритму работы тиристоров.

В любой зоне регулирования возможно использовать три ступени ослабления возбуждения тяговых двигателей.

Пусковые характеристики электровоза ВЛ80^Р с плавным регулированием напряжения (скорости) представляют собой граничные кривые широкого поля зависимостей скорости от тока или силы тяги для каждой зоны регулирования (рис. 266).

Рекуперативный режим. В режиме рекуперации тормозное усилие регулируется при высоких скоростях электровоза плавным изменением тока возбуждения, а при средних и малых скоростях — плавным изменением э. д. с. трансформатора. Плавное изменение тока возбуждения от 0 до 1100 А достигается изменением угла открытия тиристоров выпрямительных установок возбуждения 60 (см. рис. 260). Открытие тиристоров производится с помощью импульсов

Рис. 265. Алгоритм работы тиристоров в режиме тяги

№ зоны регули- рования	Состояние плеча ВИП								Направление напряжения в разные полупериоды
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1-я			○	●	○●	●			←→
2-я	●	●	○	○	○	○			←→
3-я			●	○	○	○	○		←→
4-я	●	○	○	○			○	○	←→

○ — фаза соответствует углу α_0 в режиме тяги и β в режиме рекуперации
 ● — фаза регулируется ($\alpha_{\text{рег}}$)
 □ — тиристор заперт

управления, вырабатываемых системой управления блока 400 и подаваемых через выходные усилители на управляющие электроды тиристоров (см. § 69). При рекуперативном торможении ВИП работает как инвертор. Ток от тяговых двигателей, работающих генераторами, будет протекать в контактную сеть, если напряжение инвертора превысит э. д. с. трансформатора и в каждый полупериод направлено против него. Для этого следует обеспечить открытие тиристоров соответствующих плеч преобразователя подачей на их управляющие электроды импульсов с некоторым углом опережения β в каждый полупериод напряжения сети.

Значение этого угла изменяется автоматически таким образом, что угол запаса инвертора δ сохраняется примерно постоянным и равным 20°.

В тормозном режиме, как и в тяговом, используется четырехзонное импульсно-фазовое плавное регулирование напряжения инверто-

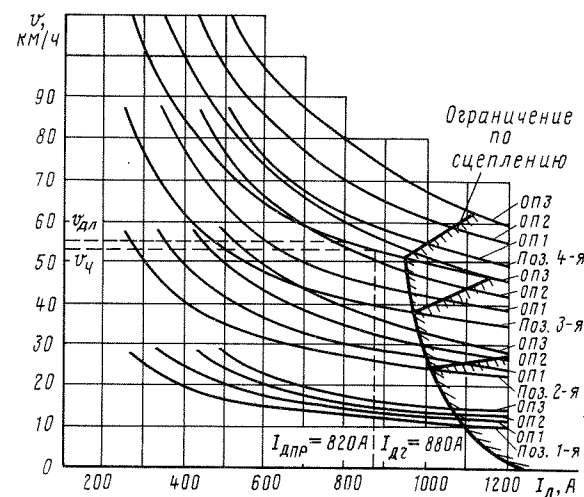


Рис. 266. Пусковые характеристики электровоза ВЛ80^Р

№ зоны регули- рования	Состояние плеча ВИП								Направление напряжения в разные полупериоды
	1	2	3	4	5	6	7	8	
4-я	○			●				○	⇔
3-я		○	●			●		○	⇔
2-я	○			●		○			⇔
1-я		○	●		○		●○		⇔

Рис. 267. Алгоритм работы тиристоров в режиме рекуперации

ра и соответственно тока и тормозного усилия. В 4-й—2-й зонах происходит рекуперативное торможение, а в 1-й зоне осуществляется торможение противовключением тяговых двигателей.

В рекуперативном режиме вне зависимости от зоны регулирования и полупериода напряжения сети ток от двигателей, работающих как генераторы, протекает по цепи: якоря двигателей, резистор R_5 (см. рис. 260), открытые тиристоры, вторичная обмотка тягового трансформатора в направлении против э.д.с., открытые тиристоры, сглаживающий реактор, якоря двигателей. При этом энергия рекуперации трансформируется в первичную обмотку и отдается в контактную сеть.

В зависимости от скорости начала торможения регулировать напряжение инвертора можно, начиная с 4-й зоны, в соответствии с алгоритмом работы тиристоров (рис. 267).

В 4-й зоне регулирования (рис. 268) тиристоры плеч 1, 8 и 2, 7 открываются при подаче на их управляющие электроды импульсов с углом опережения β . В соответствующие полупериоды эти тиристоры полностью открыты. Когда э. д. с. трансформатора направлена от вывода $a1$ к выводу $x1$, ток рекуперации протекает по цепи: тиристоры плеча 8, обмотка трансформатора $x1-a1$ в направлении против э. д. с. трансформатора, тиристоры плеча 1. В следующий полупериод, когда э. д. с. трансформатора меняет направление, ток рекуперации протекает в обратном направлении — через тиристоры плеч 2 и 7. В момент подачи на управляющие электроды тиристоров плеч 3 и 4 импульса с углом регулирования $\alpha_{\text{рег}}$ нагрузка переводится с тиристоров плеча 1 на тиристоры плеча 3, а в следующий полупериод — с плеча 2 на плечо 4. Таким образом, в дальнейшей в 4-й зоне работают тиристоры плеч 3 и 8 или 4 и 7, причем тиристоры плеч 7 и 8 полностью открыты, а плеч 3 и 4 работают в режиме регулирования фазы.

Переход в 3-ю зону осуществляется подачей импульсов на управляющие электроды тиристоров плеч 3 и 8, 4 и 7 с углом опережения β . В 3-й зоне регулирования на управляющие электроды тиристоров плеч 5 и 6 подаются импульсы с углом регулирования $\alpha_{\text{рег}}$, тиристоры открываются, и происходит перевод нагрузки с тиристоров плеча 3 на тиристоры плеча 5 или плеча 4 на плечо 6. Происходит дальнейшее увеличение инвертированного напряжения (рис. 269).

В дальнейшем синхронно переводится нагрузка с тиристоров плеч 5 и 8, 6 и 7 на тиристоры плеч 1 и 6, 2 и 5, которые открываются с

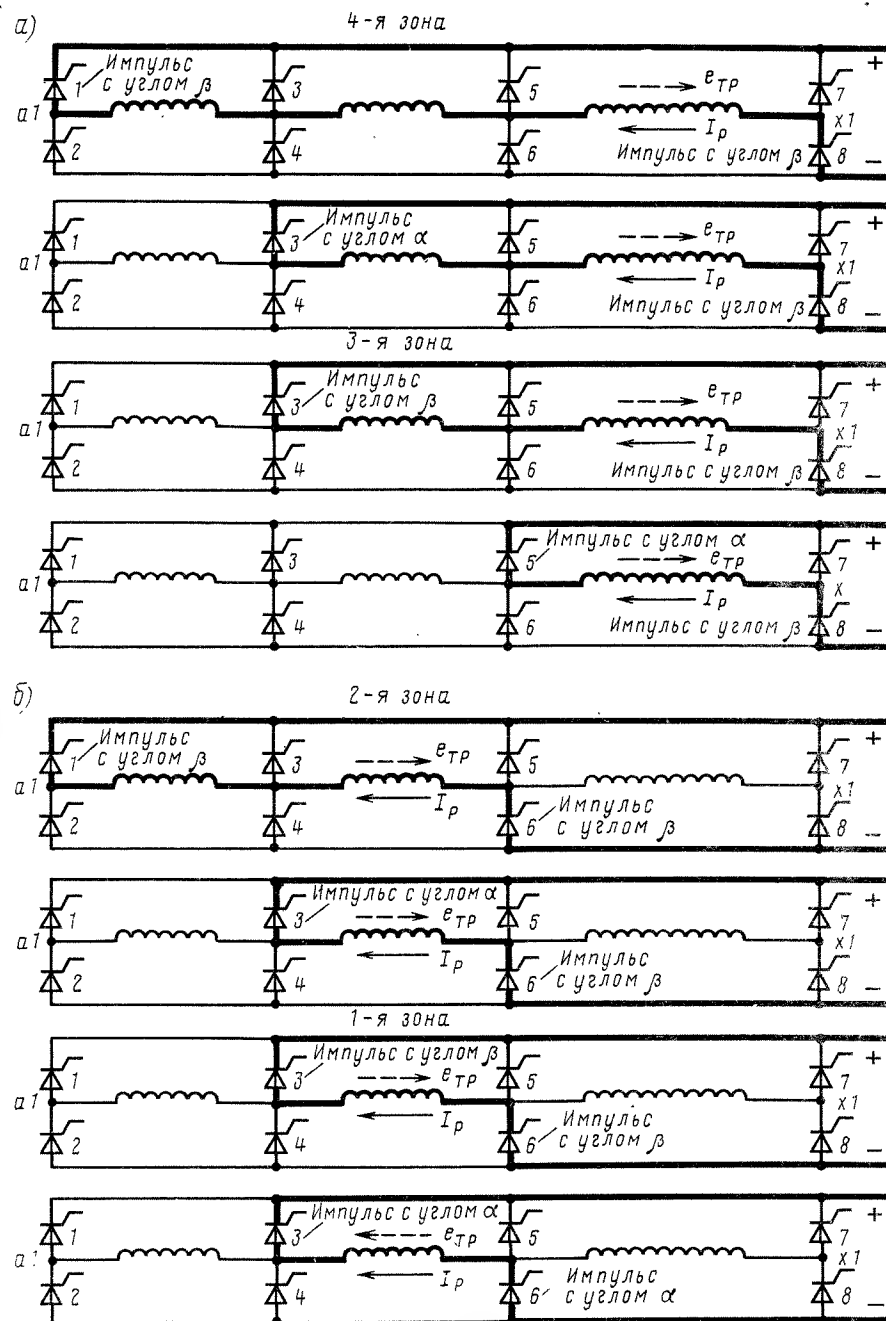


Рис. 268. Схемы, поясняющие работу ВИП в различных зонах регулирования в режиме рекуперативного торможения

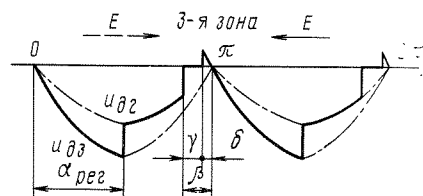


Рис. 269. Форма инвертированного напряжения при импульсно-фазовом регулировании

подаче импульсов с углом опережения β на тиристоры плеч 3, 4 осуществляется переход в 1-ю зону регулирования. Тиристоры плеч 3 и 6 или 4 и 5 полностью открыты.

В 1-й зоне происходит перевод тириستоров 3 и 6, 4 и 5 из режима инвертирования в режим выпрямления с противовключением тяговых двигателей. На управляющие электроды этих тиристоров подаются импульсы с углом регулирования $\alpha_{рег}$, причем тиристоры плеч открываются таким образом, что направление тока в обмотке трансформатора совпадает с направлением э. д. с. Изменением угла открытия тиристоров плеч 3 и 6, 4 и 5 при независимом возбуждении двигателей достигается электрическое торможение до полной остановки.

В каждой зоне тормозной ток можно изменять, регулируя не только напряжение преобразователя, но также и ток возбуждения с помощью тормозной рукоятки контроллера машиниста. При этом импульсы управления поочередно подаются на управляющие электроды двух плеч выпрямительной установки возбуждения. С увеличением тока возбуждения растет ток якоря двигателей и соответственно тормозная сила электровоза.

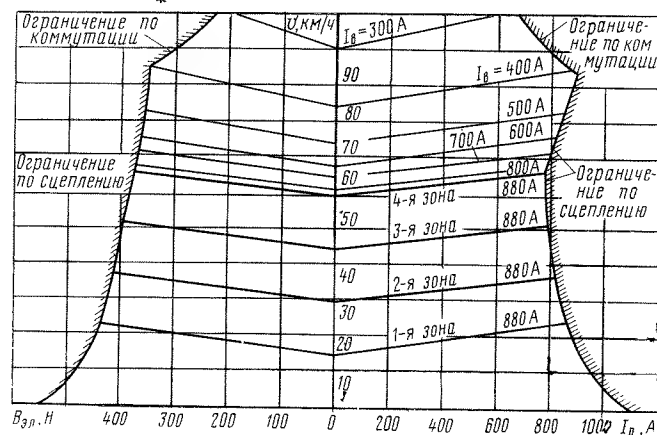


Рис. 270. Характеристика рекуперативного торможения электровоза ВЛ80Р:
 I_{∂} — ток возбуждения

у углом опережения β , т. е. происходит переход во 2-ю зону регулирования (см. рис. 268). Такой перевод нагрузки вполне допустим, так как э. д. с. трансформатора не изменяется.

Во 2-й зоне подачи импульсов с углом $\alpha_{рег}$ на тиристоры плеч 3 и 4 осуществляется перевод нагрузки с плеч 1, 2 на 3, 4 и соответственно происходит дальнейшее уменьшение э. д. с. трансформатора. При

Регулирование ВИП и ВУВ можно осуществлять независимо друг от друга с помощью главного штурвала и тормозной рукоятки контроллера машиниста. Это дает возможность получить, как и в пусковом режиме, широкое поле тормозных характеристик электровоза (рис. 270), практически любую зависимость тормозного тока и тормозного усилия от скорости в пределах ограничения по сцеплению, коммутации двигателей и максимальному значению тока возбуждения.

Для плавного входа в режим рекуперативного торможения, повышения его устойчивости и облегчения управления предусмотрено автоматическое регулирование процесса рекуперативного торможения с помощью специальной системы противокомпаундирования.

Эта система в зависимости от тормозного тока и скорости его изменения выполняет постоянное автоматическое регулирование углов открытия тиристоров ВИП и ВУВ таким образом, что предотвращаются броски тормозного тока.

§ 92. Силовые цепи электровозов ЧС4 и ЧС4^т

На электровозах ЧС4 регулирование напряжения производится на первичной обмотке трансформатора с помощью регулировочной обмотки, поэтому на вторичных обмотках нет регулировочных устройств; одна первичная и две вторичные обмотки имеют постоянный коэффициент трансформации. Каждая из двух вторичных обмоток питает свой выпрямительный мост 020 и 022 (рис. 271).

Выпрямительные мосты укомплектованы кремниевыми полупроводниковыми вентилями и выполнены с замкнутыми плечами. Каждый мост представляет собой отдельный выпрямительный агрегат, от которого напряжение подводится к трем тяговым двигателям: от 020 — к двигателям 1, 2 и 3, а от 022 — к двигателям 4, 5 и 6.

Со стороны переменного тока между выпрямительными мостами и одним из выводов вторичной обмотки тягового трансформатора предусмотрены болтовые отключатели 035 и 036 с ручным приводом; ими можно отключить любой из выпрямительных мостов. На вводах переменного тока у выпрямительных мостов установлены трансформаторы тока 145 и 146, которые служат датчиками для устройств токовой защиты.

В цепи каждого из шести тяговых двигателей как со стороны якоря, так и со стороны обмотки возбуждения имеются контакты переключателя *Езда-Выключено* (071). Таких переключателей на электровозе два: по одному на каждые три тяговых двигателя.

В нерабочем положении цепей переключатель находится в положении *Выключено*, все его контакты разомкнуты и цепи тяговых двигателей отключены. При маневрах и передвижении электровоза в нерабочем состоянии это исключает возможность замыкания цепи двигателей через плечи выпрямительных мостов и появления в ней тока в результате самовозбуждения двигателей. В рабочем положении переключатель занимает положение *Езда*, при этом замкнуты его контакты 071 и включены цепи питания двигателей.

Переключатель 071 устроен так, что вручную можно отключить одну или несколько пар контактов разъединителя (например, 071₀₁ —

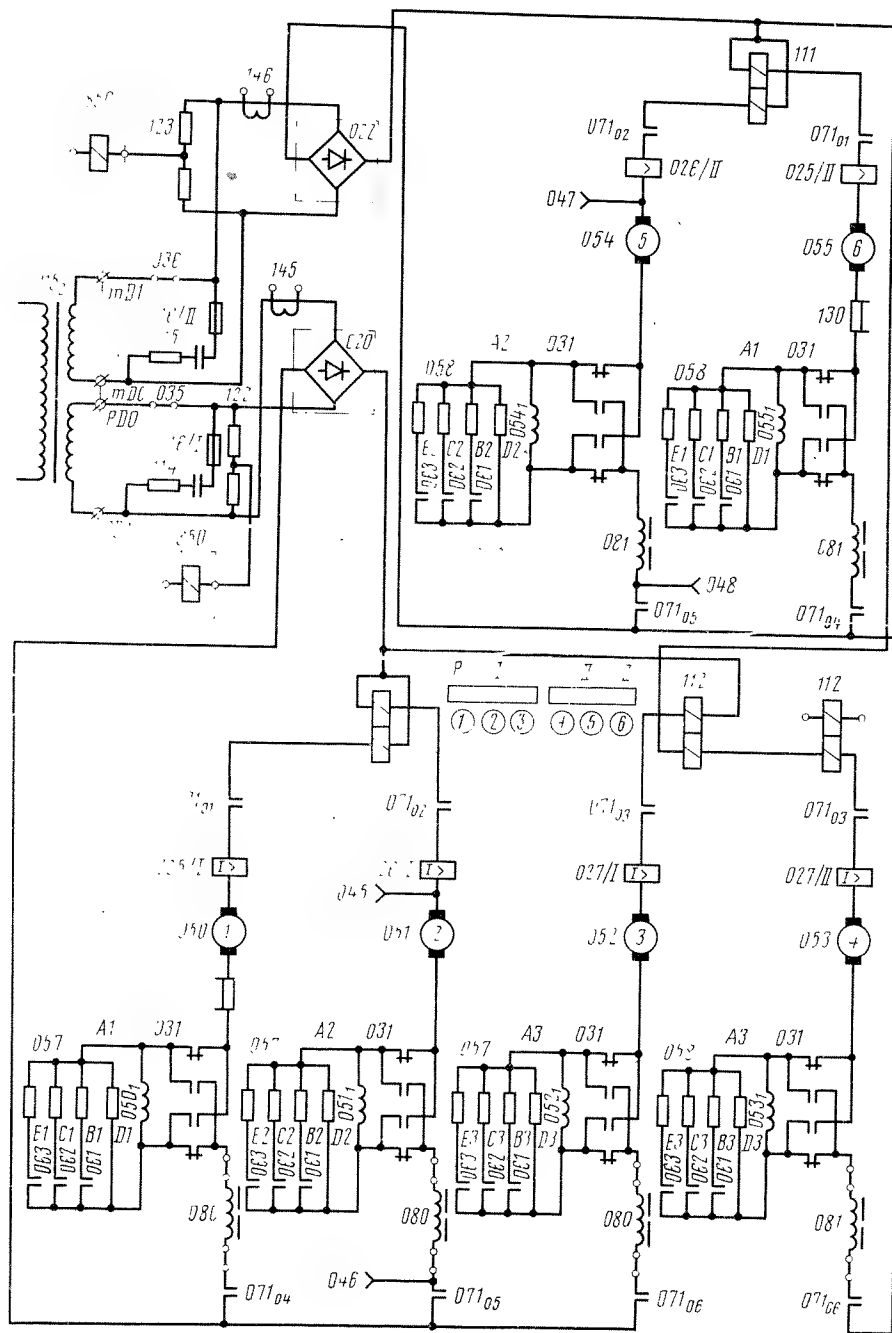


Рис. 271. Схема силовых цепей электровоза ЧС4

071₀₄, 071₀₂—071₀₅, 071₀₃—071₀₆) и, таким образом, отсоединить соответствующий тяговый двигатель. Остальные двигатели при этом могут работать нормально. Обмотки возбуждения тяговых двигателей подключены к цепи ножевыми контактами реверсора 031.

На электровозе имеются два реверсора, каждый из них переключает обмотки возбуждения трех тяговых двигателей. Реверсор может занимать два положения (Р и Z), каждое из которых соответствует определенному направлению вращения тяговых двигателей. Параллельно обмоткам возбуждения двигателей подключен постоянно резистор для отвода переменной составляющей пульсирующего тока. При этом возбуждение составляет 95,5%.

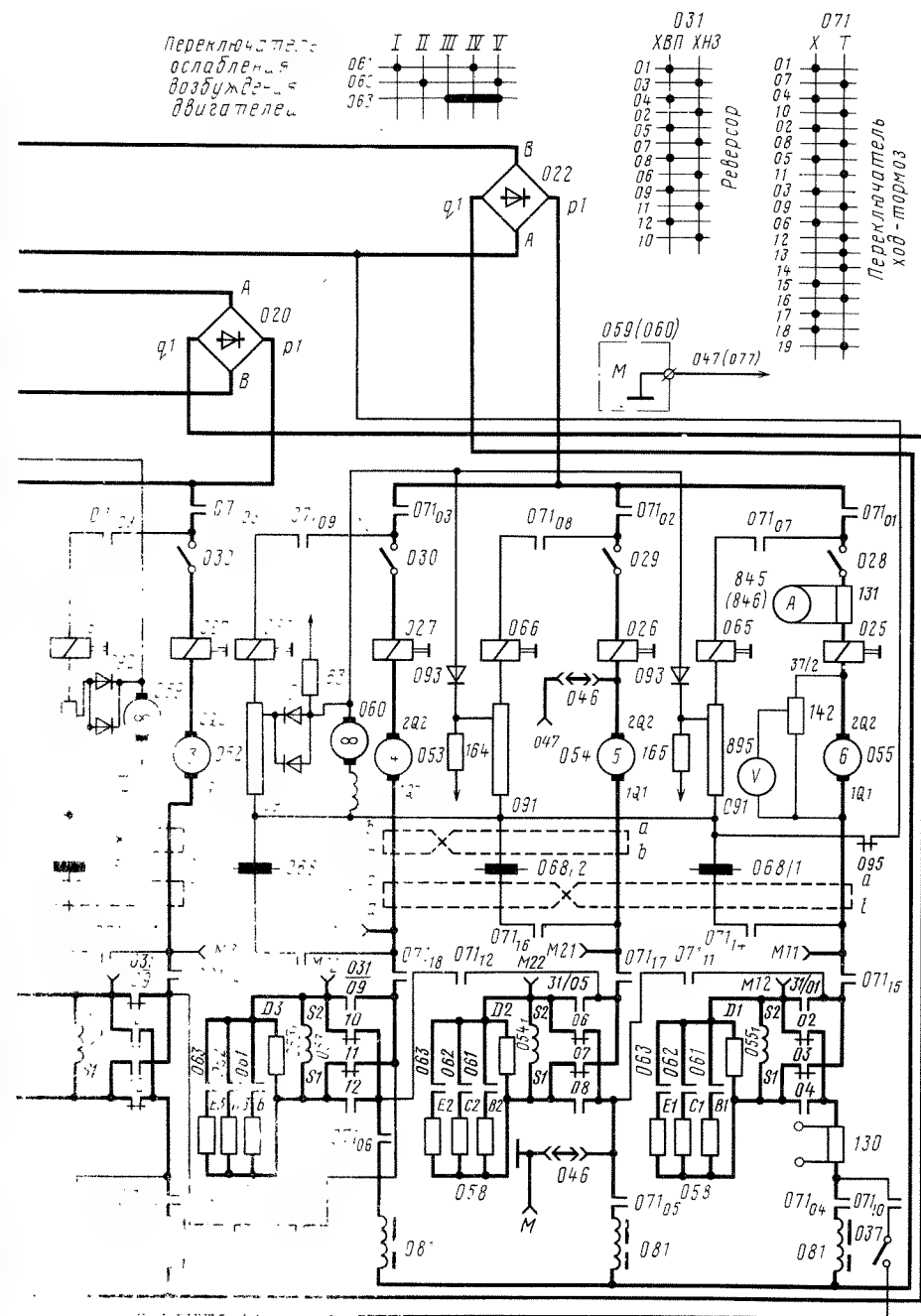
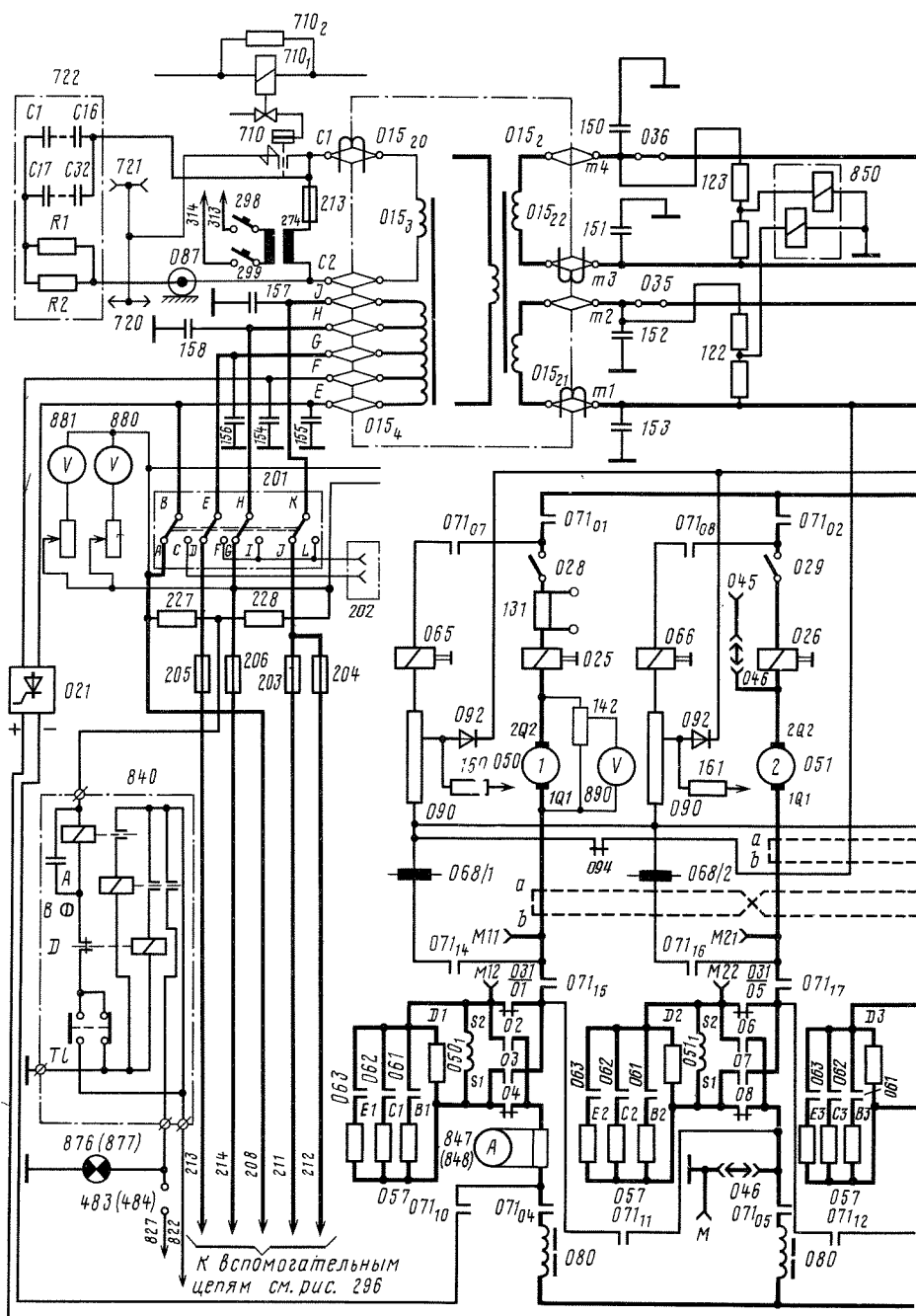
В цепи каждой обмотки возбуждения имеется комплект шунтирующих резисторов 057 или 058, состоящий из трех ветвей. Шунтирующие резисторы вводят трехполюсными контакторами 061—063; эти резисторы обеспечивают пять ступеней ослабления возбуждения двигателей (72, 60, 51, 44 и 40%). На первой ступени замыкаются контакты контакторов 061 и подключают параллельно обмоткам возбуждения резисторы А—В; на второй замыкаются контакты контактора 062 и размыкаются 061, в результате чего параллельно обмоткам возбуждения подключаются резисторы А—С. На третьей ступени размыкаются контакты контакторов 062 и замыкаются 063, подключая параллельно обмоткам возбуждения резисторы А—Е. На четвертой ступени дополнительно включается контактор 061 и параллельно каждой обмотке возбуждения будут подключены два резистора А—Е и А—В. На пятой ступени отключается контактор 061 и включается контактор 062, при этом параллельно обмоткам возбуждения включены два резистора А—Е и А—С. Регулирование скорости электровоза с помощью ослабления возбуждения тяговых двигателей возможно на всех позициях переключателя ступеней, начиная с 26-й.

На электровозе ЧС4 для трех тяговых двигателей, установленных на одной тележке, предусмотрен один общий трехобмоточный сглаживающий реактор 080 или 081. В цепь каждого тягового двигателя включена одна из трех катушек (обмоток) сглаживающего реактора, что уменьшает пульсацию выпрямленного тока, снижает потери в двигателях и улучшает их коммутацию.

В цепи двигателей 1 и 6 имеются шунты 130, к которым подключают амперметры, установленные в кабинах машиниста. Чтобы электровоз мог передвигаться в депо, получая питание от постороннего источника постоянного тока, в цепи двигателей 2 и 5 предусмотрены штепсельные розетки 045, 046, 047 и 048.

Пуск и регулирование скорости электровоза осуществляют с помощью высоковольтного переключателя ступеней тягового трансформатора, который имеет, кроме нулевой, 32 ступени регулирования напряжения. Это позволяет осуществлять ступенчатое повышение напряжения на зажимах вторичных обмоток тягового трансформатора и выпрямительных мостов 020 и 022 от 0 до 1040 В в режиме холостого хода и соответственно выпрямленное напряжение на всех шести тяговых двигателях.

В нормальном режиме работы переключатель 071 находится в положении *Езда*, при этом ток в тяговой цепи проходит через вторичные обмотки тягового трансформатора 015, выпрямительные



мосты 020, 022, дифференциальные реле боксования 111, 112, контакты переключателя 071, реле максимального тока 025, 026, 027, якоря тяговых двигателей 050—055, шунты амперметров 130 (в цепи двигателей 5 и 6), контакты реверсора 031, обмотки главных полюсов, сглаживающие реакторы 080, 081, контакты переключателя 071, выпрямительные мосты 020, 022.

Предусмотрена возможность отключения одного или нескольких неисправных тяговых двигателей и работа электровоза на остальных двигателях. Двигатели отключают с двух сторон как со стороны якоря, так и со стороны обмотки возбуждения. Отключение производится вручную с помощью переключателя 071.

Электровоз при отключенных двигателях работает так же, как и в нормальном режиме, на всех позициях регулирования. Скорость при этом может быть реализована полностью, но сила тяги будет соответственно меньше.

В случае повреждения одного из выпрямительных мостов он может быть отключен от вторичной обмотки тягового трансформатора отключателем 035 или 036. Одновременно отключают и цепи трех соответствующих тяговых двигателей. Работа всех шести тяговых двигателей от одного выпрямительного моста не предусмотрена.

В силовых цепях электровоза ЧС4^т имеются устройства, обеспечивающие реостатное торможение. В режиме тяги силовые цепи образуются замкнутыми контактами отключателя двигателей 071⁰¹⁻⁰⁶ и контактами 071¹⁵, 071¹⁷ и 071¹⁸ переключателя *Ход-Тормоз* (рис. 272). В цепь якоря каждого тягового двигателя включен линейный контактор 028, 029 или 030. Эти контакторы разъединяют цепи тяговых двигателей с тем, чтобы не создавалась цепь тока, обусловленного остаточным магнетизмом двигателей, через выпрямительные мосты при передвижении электровоза в нерабочем состоянии.

Регулирование напряжения на тяговых двигателях в режиме тяги осуществляется, как и на электровозе ЧС4, с помощью высоковольтного переключателя ступеней тягового трансформатора.

Перевод силовых цепей из режима тяги в режим реостатного торможения осуществляется переключением переключателя *Ход-Тормоз* из положения *Ход* в положение *Тормоз*, а также разъединением контактов 071⁰¹⁻⁰⁶ разъединителя двигателей. При этом цепи тяговых двигателей отключаются от выпрямительных мостов 020 и 022. Якорь каждого двигателя включается на свой тормозной резистор, а обмотки возбуждения всех двигателей соединяются последовательно и контактором 037 подключаются к тиристорному преобразователю 021, который подключен к выводам *E—F* обмотки тягового трансформатора.

От тормозных резисторов 090 и 091, которые присоединяются к якорям тяговых двигателей 3 и 4, выведены ответвления для питания двигателей 059 и 060 вентиляторов, охлаждающих тормозные резисторы. Таким образом, частота вращения вентилятора и его подача зависят от напряжения и, следовательно, от нагрузки резисторов. В цепь питания двигателей вентиляторов введены диоды 092 и 093. Диоды включены так, что обеспечивается питание двигателя вентилятора и в случае боксования оси с тяговыми двигателями 3 и 4.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

§ 93. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ60^к

Вспомогательные цепи (рис. 273) получают питание от обмотки собственных нужд тягового трансформатора, имеющей выводы на 210 В (*x-a6*), 399 В (*x-a5*) и 630 В (*x-a4*) при напряжении в контактной сети 25 кВ. Напряжения между выводами указаны в режиме холостого хода.

Как и на электровозах ВЛ80^г, по роду напряжения все вспомогательное оборудование электровоза делится на две группы: потребители однофазного тока, получающие питание непосредственно от вспомогательной обмотки, и потребители трехфазного тока, для питания которых необходимо преобразовать однофазное напряжение вспомогательной обмотки трансформатора в трехфазное.

К потребителям первой группы с номинальным напряжением 380 В относятся следующие: асинхронные расцепители фаз *ФР1* и *ФР2*, преобразующие однофазный ток в трехфазный для питания потребителей второй группы; трансформаторы питания блока защиты выпрямительных установок (на электровозах с нелавинными вентилями); трансформаторы напряжения 87, 112, 114; вентиль защиты 104; катушка отключающего электромагнита ГВ; печи обогрева кабины машиниста 173—182; обогреватель санузла 216; нагреватели спускных кранов пневматической системы 193—196; вольтметры 97 и 98, контролирующие напряжение контактной сети.

От выводов *x-a6* обмотки собственных нужд через предохранитель 157 напряжение 210 В подводится к вольтметровой обмотке счетчика электроэнергии 103. От трансформатора 87 напряжение подается в цепь защиты от замыкания на землю силовых цепей (реле заземления 88 на рис. 255), от трансформатора напряжения 112—на сельсин-датчик 203 и указатели позиций 201, 202, а от трансформатора 114—на обогреватели спускных кранов.

Во вторую группу потребителей входят трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором: *МВ1*—двигатель вентиляторов охлаждения тяговых двигателей 1 и 2 выпрямительной установки 61 и блока генераторной защиты 1-го конца; *МВ3*, *МВ4*—вентиляторов охлаждения тяговых двигателей 3, 4, радиаторов масляного охлаждения тягового трансформатора, сглаживающих реакторов и индуктивных шунтов; *МВ2*—вентиляторов охлаждения тяговых двигателей 5, 6, выпрямительной установки 62 и блока генераторной защиты 2-го конца; *МК1*, *МК2*—компрессоров; *МН*—двигатель насоса системы охлаждения трансформатора.

Расцепители фаз включаются и выключаются контакторами 125, 126. Запуск расцепителей фаз—асинхронный, осуществляется с помощью резисторов *Р31—Р33*, *Р32—Р34*, включаемых на время пуска контакторами 119, 120. Пуск расцепителей фаз производится в

следующем порядке. Сначала замыкается электромагнитный контактор 119, а затем 125. Первый из них вводит в цепь пусковой резистор $P31—P33$, а второй подключает расцепитель $\Phi P1$ к сети. Когда частота вращения расцепителя фаз $\Phi P1$ становится близкой к синхронной (1430 об/мин), срабатывает реле оборотов 249 (см. рис. 287), которое находится на одном валу с расцепителем фаз и своими контактами отключает контактор 119, вследствие чего отключается пусковой резистор. Это же реле включает контакторы 120 и 126, подсоединяющие к сети расцепитель фаз $\Phi P2$. Начинается пуск расцепителя $\Phi P2$; при частоте вращения ротора, близкой к синхронной, срабатывает его реле оборотов 250. В результате отключается контактор 120 и пусковой резистор $P32—P34$ (см. рис. 273).

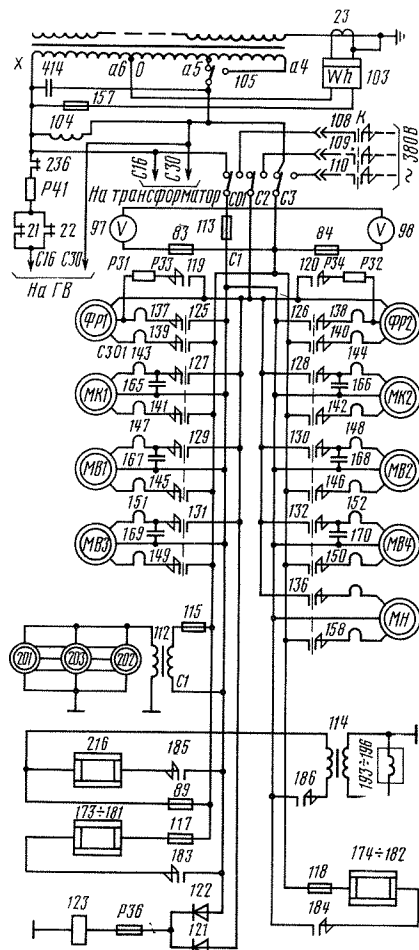


Рис. 273. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ60^к

Пуск расцепителей фаз необходимо производить на холостом ходу при выключенных вспомогательных машинах. Для этого предусмотрены блокировки, исключающие возможность включения контакторов вспомогательных машин 127—132, 136 до тех пор, пока не сработали оба реле оборотов.

Расцепители фаз включены параллельно и питают двигатели всех вспомогательных машин. Два расцепителя установлены для обеспечения резервирования. В случае выхода из строя одного из них все двигатели вспомогательных машин питаются от исправного расцепителя фаз. Для отключения неисправного расцепителя предусмотрена соответствующая кнопка на кнопочном выключателе, расположенном в машинном помещении; при выключении кнопки исключается возможность включения контакторов 119 и 125 или 120 и 126. Расцепители фаз одновременно являются приводами для генераторов управления, якоря которых посажены на валы расцепителей.

Двигатели компрессоров МК1, МК2, вентиляторов МВ1-МВ4 и насоса МН включаются (выключаются) контакторами 127—132, 136. Контакторы вводят в цепь конденсаторы 165—170 между линейной и генераторной фазами, в результате чего улучшается симметрия напряжений трехфазной системы, что облегчает запуск и условия работы двигателей.

Печи обогрева кабин машиниста 173—182 включаются контакторами 183 и 184, индукционные нагреватели спускных кранов — контактором 186, обогреватель санузда — контактором 185. Непосредственно от обмотки собственных нужд тягового трансформатора (до переключателя 111) питается вентиль защиты 104, трансформатор 87 земляной защиты, катушка отключающего электромагнита ГВ, вольтметровая обмотка счетчика электроэнергии. Катушка переменного тока защитного вентиля 104 всегда возбуждена, если есть напряжение на обмотке собственных нужд тягового трансформатора, т. е. если подано напряжение на первичную обмотку тягового трансформатора. При этом будут блокированы двери высоковольтной камеры электровоза.

Питание электромагнита переменного тока ГВ производится через размыкающие контакты промежуточного реле 236, дифференциальных реле 21 и 22 и дополнительный резистор Р41. При срабатывании дифференциальных реле 21 и 22 подается импульс напряжения на отключающий электромагнит ГВ, и последний отключается, что дублирует действие аналогичных блок-контактов в цепи удерживающей катушки ГВ.

Питание во вспомогательные цепи при нахождении электровоза в депо можно подать через розетки 108, 109, 110, переключив переключатель 111. К розеткам подводится напряжение 380 В от сети депо через контактор К.

Силовые цепи обеспечивают работу тяговых двигателей при понижении напряжения в контактной сети до 12 кВ (в случае выхода из строя одной из питающих тяговых подстанций). Вспомогательные машины в этом случае подключаются к дополнительному выводу а4 (напряжение 630 В) на обмотке собственных нужд.

При напряжении в контактной сети в пределах от 29 до 19 кВ вспомогательные цепи переключателем 105 подключены к выводам х-а5 обмотки собственных нужд. Если напряжение в контактной сети ниже 19 кВ, переключатель 105 переводится в положение, при котором вспомогательные машины подключаются к выводам х-а4 (630 В), однако при напряжении в контактной сети 12 кВ на них будет около 300 В, что по условиям работы вспомогательных машин допустимо. Следует иметь в виду, что при включении переключателя 105 на выводы х-а4 искажаются показания сетевых вольтметров: они будут завышены в 1,6 раза.

§ 94. Вспомогательные цепи электровозов ВЛ80^к, ВЛ80^с и ВЛ80^р

Вспомогательные цепи электровозов ВЛ80^к и ВЛ80^с выполнены так же, как и на электровозе ВЛ80^т, отличаются лишь некоторыми элементами.

На электровозах ВЛ80^с установлен дополнительный трансформатор 380/50 В для питания цепей обогрева спускных кранов, ЭКГ и др. (рис. 274). Это в отличие от электровоза ВЛ80^т сделано для уменьшения нагрузки статического преобразователя ТРПШ. Вспомогательные цепи электровозов ВЛ80^к не содержат элементов, связанных с питанием аппаратуры управления реостатным торможением.

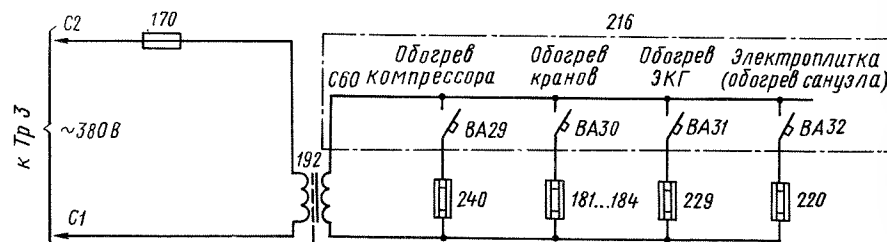


Рис. 274. Схема питания цепей обогрева оборудования электровоза ВЛ80^с

Вспомогательное оборудование электровоза ВЛ80^р получает напряжение от обмотки собственных нужд тягового трансформатора, имеющей выводы на 225 В (х3-а5), 400 В (х3-а4) и 625 В (х3-а3) при напряжении в контактной сети 25 кВ (рис. 275). Напряжения указаны для режима холостого хода.

По роду напряжения все вспомогательное оборудование делится на две группы: потребители однофазного тока, питание которых осуществляется непосредственно от выводов х3, а4, а3 обмотки собственных нужд, и потребители трехфазного тока.

К потребителям однофазного тока, получающим питание от обмотки х3-а4 (400 В), относятся: панель питания автоматики ППА; трансформаторы ТРПШ и ТН, подающие напряжение на распределительный щит РЩ и в цепи заряда аккумуляторной батареи; трансформаторы ТРПШ2 и ТН2, подающие напряжение на распределительный щит ЩР для питания цепей системы формирования импульсов (СФИ) ВИП (рис. 276); цепи выходных усилителей импульсов выпрямительной установки 60; катушка электромагнита отключения главного выключателя 4 и трансформатор 77 защиты силовых цепей от замыканий на землю; вольтметр 97; блоки защиты 101, 102; вентиль защиты 104; блок измерения БИ; нагревательные элементы цепей обогрева кабины 173—177; обогреватели санузла 179, 180; нагревательный элемент калорифера 196; выпрямительно-инверторные преобразователи 61, 62; асинхронный расщепитель фаз ФР, преобразующий однофазное напряжение 380 В обмотки собственных нужд тягового трансформатора в трехфазное напряжение того же значения для питания вспомогательных машин.

Расщепитель фаз включается (выключается) контактором 125. Запуск расщепителя фаз—асинхронный, при этом используется резистор R6, включаемый на время пуска контактором 119, трансформаторы ТН, ТРПШ, печи 173—177, обогреватели санузла 179, 180, нагревательные элементы калорифера 196. Трансформаторы ТРПШ2 и ТН2 (рис. 275 и 276) включаются (выключаются) соответствующими контакторами 160, 134, 159, 135, 195 и реле 136.

Если необходим минимальный обогрев кабины, срабатывает только контактор 134, который включает по одной печи у кресла машиниста и помощника. При необходимости большего обогрева кабины включается только контактор 159, который включает две печи у кресла машиниста и одну у кресла помощника. Для максимального обогрева включаются оба контактора 134 и 159—вводятся все пять печей кабины.

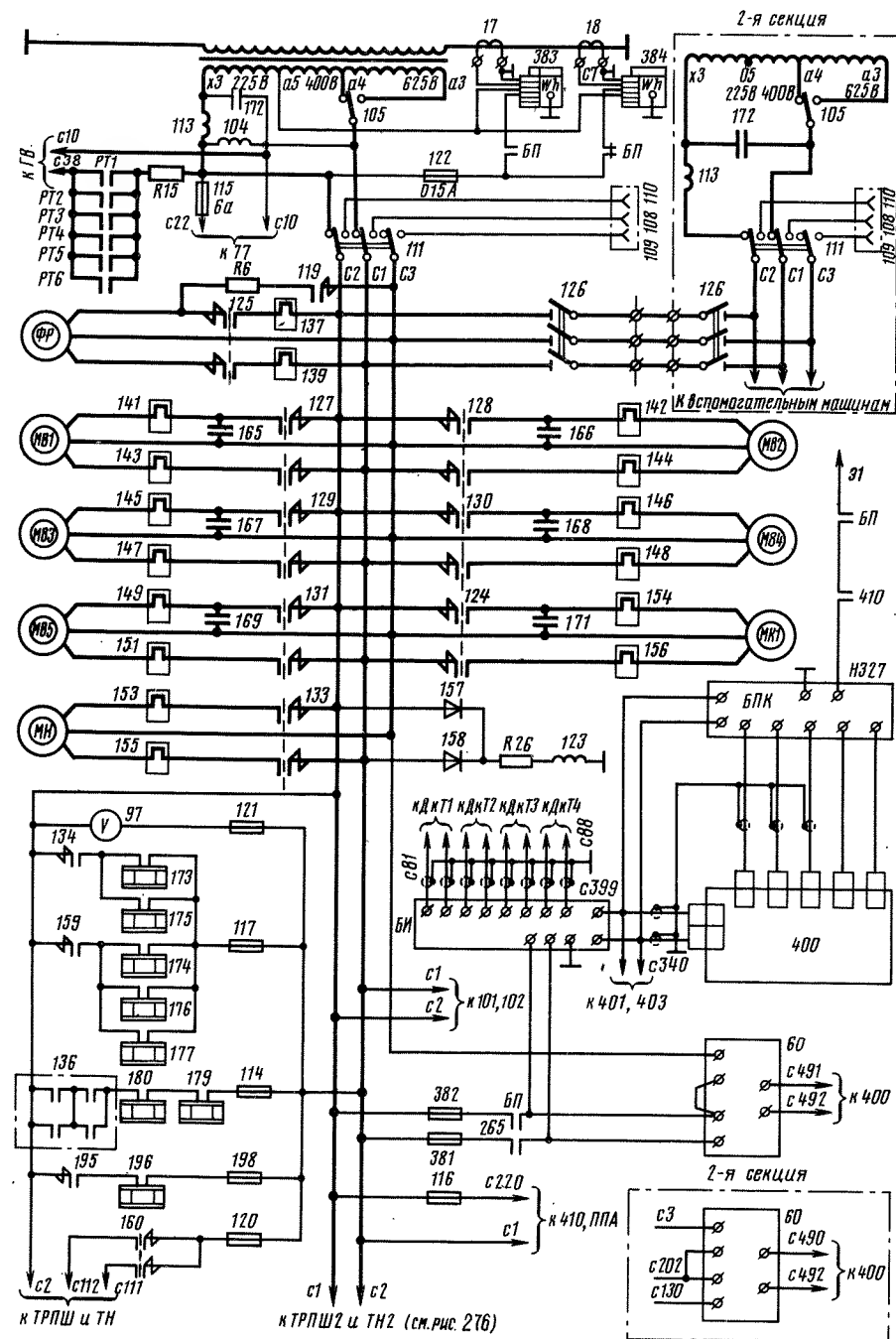


Рис. 275. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ80^р

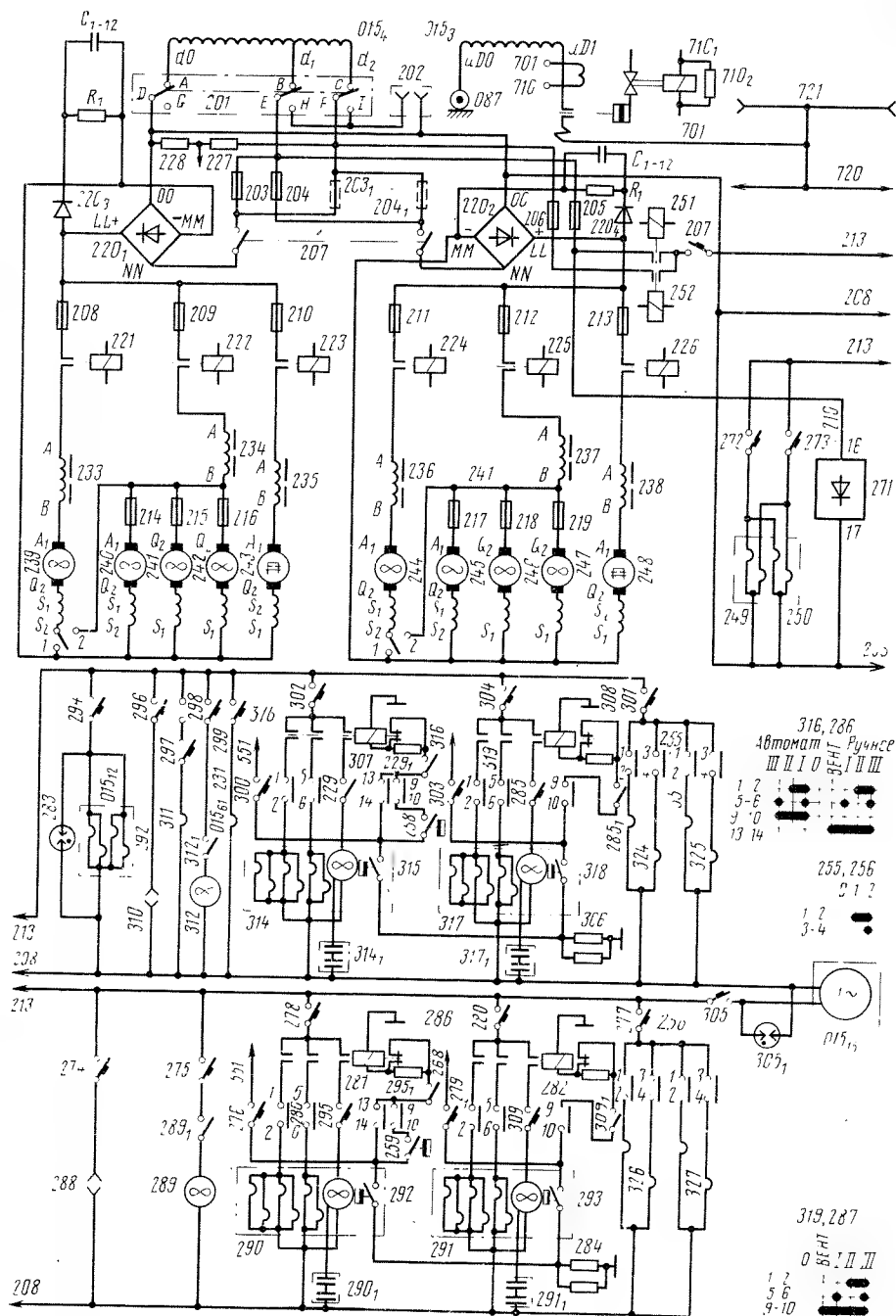


Рис. 277. Схема вспомогательных цепей электровоза ЧС4

дают выпрямительную установку 020, а 246 и 247—выпрямительную установку 022. Двигатели 240, 241 и 242 соединены параллельно и получают питание по цепи: предохранитель 209, силовые контакты контактора 222, сглаживающий реактор 234. В цепи каждого из этих двигателей имеется дополнительный предохранитель (214, 215, 216).

В зимний период, переставляя контактную планку в положение 2, можно соединить последовательно двигатель 239 с параллельно соединенными двигателями 240, 241 и 242. При этом необходимо снять предохранитель 209. Двигатели будут работать на пониженном напряжении, развивать меньшую скорость, соответственно меньше будет и подача воздуха.

Двигатель главного компрессора 243 получает питание по цепи: предохранитель 210, главные контакты контактора 223, сглаживающий реактор 235. Двигатели 244, 245 приводят в действие вентиляторы, охлаждающие тяговые двигатели, сглаживающие реакторы и другое оборудование, расположенное во второй половине электровагона. Двигатель 248 приводит в действие второй главный компрессор. Цепи питания всех этих двигателей аналогичны рассмотренным для первой группы машин.

Вспомогательные машины и оборудование переменного однофазного тока получают питание от выводов обмотки собственных нужд 015₄ тягового трансформатора по цепи: средний вывод переключателя 201, предохранитель 205, контактор 251 (213 В) или крайний вывод переключателя 201, предохранитель 206 и контактор 252 (260 В), далее через защитный выключатель 207 на провод 213. Этот провод подводит напряжение ко всем потребителям переменного тока. Обратный провод 208 от потребителей соединяется через переключатель 201 с выводом d_0 обмотки собственных нужд. Переключение питания потребителей переменного тока с выводов $d_0—d_1$ (через контактор 251) на выводы $d_0—d_2$ (через контактор 252) происходит автоматически при понижении напряжения в контактной сети.

К потребителям переменного тока относятся:

обогреватели 249 и 250 водоспускных кранов, получающие питание через автоматические защитные выключатели (АЗВ) 272 и 273, которые позволяют осуществить две ступени нагрева кранов;

зарядное устройство (стабилизатор напряжения) 271, имеющее собственный предохранитель;

электрорадиаторы 015₁₂ для нагрева трансформаторного масла переключателя ступеней (ПС), включаемые с помощью АЗВ 294; одновременно получает питание сигнальная лампа 283 (тлеющего разряда);

штепсельные розетки 288 и 310 в кабинах машиниста для переносных электроприборов переменного тока; напряжение на розетки подается через АЗВ 274 и 296;

электрический бойлер 311 (горячая вода для локомотивной бригады), включаемый АЗВ 297;

двигатель 015₁₅ насоса фильтрации масла переключателя ступеней и сигнальная лампа 305₁ тлеющего разряда, напряжение на которые подает АЗВ 305 (см. рис. 277);

двигатели 260 и 261 (однофазные, асинхронные, конденсаторные) насосов циркуляции трансформаторного масла, получающие напряжение через АЗВ 266, 267 и 268 (см. рис. 293);

мотор-вентиляторы 289 и 312, установленные в кабинах машиниста, напряжение к которым подводится через АЗВ 275 и 298 при включении кнопок 289₁ и 312₁ (см. рис. 277);

обогреватель 015₆₁, получающий напряжение через АЗВ 299;

стеклообогреватели кабины 291 и 317, получающие питание при включении контакторов 282 и 308 в зависимости от положения переключателей 287 и 319 по цепи через АЗВ 280 и 304;

электрорадиаторы 324—327 отопления кабины (у ног машиниста и помощника машиниста), цепь питания которых замыкают АЗВ 277 и 301 и контакты выключателя отопления 256 и 255; в зависимости от положения выключателя можно осуществить два режима отопления;

калориферы 290 и 314 для обогрева кабин машиниста, включаемые контакторами 281 и 307; цепь их защищена выключателями 278 и 302.

В зависимости от положения переключателей 286 и 316 сначала включается вентилятор, а затем три ступени отопления. Термостаты 259 и 258 предназначены для автоматического поддержания заданной температуры в кабинах машиниста.

Чтобы предупредить недопустимое повышение температуры в корпусе калорифера, применены термостаты 292 и 315; при включении их цепи питания катушек контакторов 281 и 307 замыкаются на корпус через заземляющие резисторы 284 и 306. В результате автоматические защитные выключатели 276 и 300 отключаются,

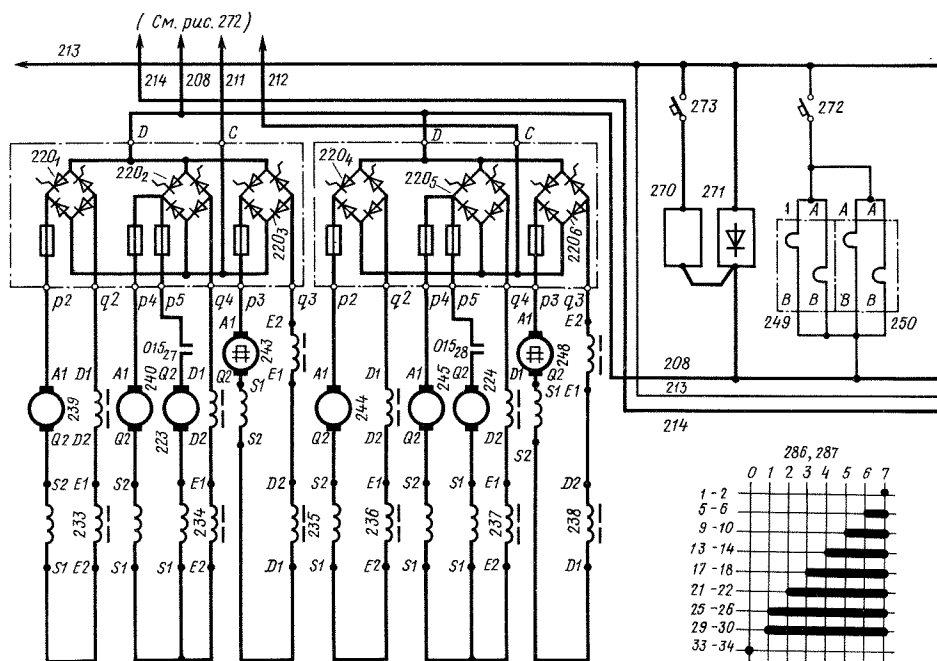


Рис. 278. Схема вспомогательных

разрывая цепь контакторов 281 и 307. Аналогично (без автоматического регулирования температуры с помощью термостатов) происходит управление калориферами 291 и 317 стеклообогревателей.

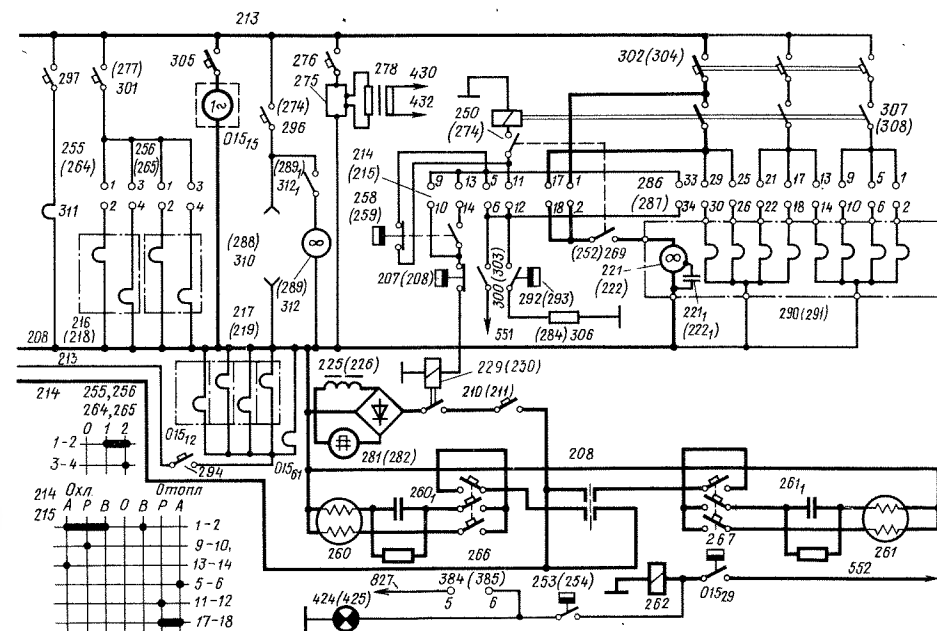
Отопительные элементы 015₆₁ предназначены для разогрева масла в пневмодвигателе.

На электровозах ЧС4^Т в цепи приводов вспомогательных машин напряжение подается от обмотки собственных нужд 015₄ тягового трансформатора (рис. 278). От этой же обмотки получают питание разные аппараты и цепи кондиционирования кабины машиниста.

Номинальное напряжение обмотки собственных нужд (см. рис. 272) между выводами $E—G$ (221 В), $E—Ш$ (266 В) и $E—J$ (354 В). Выводы обмотки вспомогательных нужд соединены с панелью 201, которая позволяет отключать вспомогательные цепи от обмотки трансформатора и питать их от сети депо.

Цепи мотор-вентиляторов и компрессоров как 1-го, так и 2-го конца электровоза получают питание через управляемые выпрямительные мосты 220₁—220₃ и 220₄—220₆ (см. рис. 278). Плавный пуск двигателей вентиляторов и компрессоров осуществляется подачей управляющих импульсов на тиристоры выпрямительных мостов.

Цепи пуска двигателей вентиляторов 223 и 224 замыкаются контакторами 015₂₇ и 015₂₈, которыми управляет термостат охлаждения трансформатора: двигатель вентилятора 223 включается при температуре масла трансформатора 40—45° С, а вентилятора 224—при 50—55° С.



цепей электровоза ЧС4^Т

От выводов *Е* и *Н* обмотки собственных нужд напряжение подается по проводам 208 и 214 цепи двигателей масляных насосов 260 и 261, компрессоров 281, 282, устройства для кондиционирования воздуха кабины машиниста. Однофазные конденсаторные двигатели насосов 260 и 261 включаются контактором 262, которым управляет термостат, включающий контактор при температуре масла трансформатора 20° С.

Предусмотрено как ручное, так и автоматическое управление цепями отопления кабины машиниста 216(218), 217(219), 290(291). К выводу *Е—G* обмотки вспомогательных нужд тягового трансформатора подключены по проводам 213 и 208 следующие вспомогательные устройства: нагреватели спускных кранов 249, нагреватели подогрева переключателя тягового трансформатора 015₁₂ и пневматического двигателя 015₆₁, двигатель насоса для фильтрации масла переключателя трансформатора 015₁₅, штепсельные розетки 310, 288 для питания переносных электроприборов на напряжение 220 В переменного тока и настольных вентиляторов, электрический бойлер 311, поддерживающий постоянно горячую воду для нужд машиниста.

Для питания сельсинов указателей положения переключателя ступеней предусмотрен понижающий трансформатор 220/55 В переменного тока 278.

Цепи управления и регулирования тиристорных мостов вспомогательной цепи и выпрямителя возбуждения для электрического торможения питаются от выводов обмотки *Е—G* вспомогательных нужд напряжением 221 В.

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ

§ 96. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ60^к

Цепи управления токоприемниками. Напряжение 50 В подается от распределительного щита РЩ (рис. 279) по проводу *Н45* к кнопке *Пантографы* на кнопочном выключателе 223 или 224. Если кнопка включена, напряжение по проводу *Э15* через блокировки разъединителей 19, 20 подается на катушку защитного электропневматического вентиля 104. Возбужденный вентиль 104 пропускает сжатый воздух через пневматические блокировки закрытых штор к клапанам токоприемников. При включенной кнопке *Пантограф передний* (или *Пантограф задний*) от провода *Э15* получает питание клапан токоприемника 247 или 248, который подает воздух в пневматическую систему токоприемника. Токоприемник поднимается.

Если шторы высоковольтной камеры электровоза открыты, то пневматические блокировки перекрывают доступ воздуху к клапану токоприемника и подъем его становится невозможным. Когда разъединители 19 и 20 находятся в положении, соответствующем питанию тяговых двигателей от сети депо (см. рис. 255), то их блокировки разрывают цепь питания низковольтной катушки защитного вентиля 104 и он прерывает доступ воздуху к пневматическим блокировкам и клапанам токоприемников; подъем токоприемника невозможен.

Вентиль 104 имеет вторую обмотку (переменный ток), которая включена на переменное напряжение 380 В. Если выключены кнопки *Пантографы*, *Пантограф передний*, *Пантограф задний*, а токоприемник по какой-либо причине не опустился, то при включенном главном выключателе войти в высоковольтную камеру невозможно. В этом случае обмотка переменного тока вентиля 104 обтекается током, клапан вентиля не выпускает воздух из пневматических блокировок и шторы останутся закрытыми.

При работе двух электровозов по системе многих единиц на ведомом и ведущем электровозах должны быть предварительно включены кнопки *Пантограф* на кнопочном выключателе 227 (228) (см. рис. 271).

Если на ведущем электровозе включается кнопка *Пантограф задний*, то на ведомом должен возбудиться вентиль токоприемника второго по ходу движения, т. е. заднего. Напряжение на этот вентиль подается от провода *Н82* (если управление производится из кабины № 1) через замкнутую кнопку *Пантограф* на выключателе 228 по проводу *Э16*, который перекрещивается с проводом *Э17* на рейке пульта 2-й кабины. Затем провод *Э17* перекрещивается в межэлектровозном соединении с проводом *Э16*. Провод *Э16* снова перекрещивается с проводом *Э17* на рейке 2-й кабины ведомого электровоза. Провод *Э17* подходит на ведомом электровозе к

При необходимости опустить задний по ходу движения токоприемник ведомого электровоза, не опуская токоприемника на ведущем электровозе, следует отключить на ведущем электровозе кнопку *Пантограф* на КУ 228 при управлении из 1-й кабины или на КУ 227 при управлении из 2-й кабины. Если поднят передний токоприемник, то, чтобы опустить токоприемник только ведомого электровоза, необходимо отключить кнопку *Пантограф* на КУ 227 при управлении из 1-й кабины или на КУ 228 при управлении из 2-й кабины. Токоприемник на ведущем электровозе можно опустить, перекрыв кран подачи воздуха.

Цепи управления главным выключателем. Главный выключатель включается кнопкой *Выключение ГВ* (рис. 280), а также кнопкой с самовозвратом *Включение ГВ и возврат реле*, расположенной на выключателе 223 (224). Напряжение 50 В к кнопке *Выключение ГВ* подводится от диодов 407 (409) по проводу *H521* через контакторный элемент *KM1 (KM2)*, замкнутый на всех положениях рукоятки контроллера машиниста, кроме *БВ*.

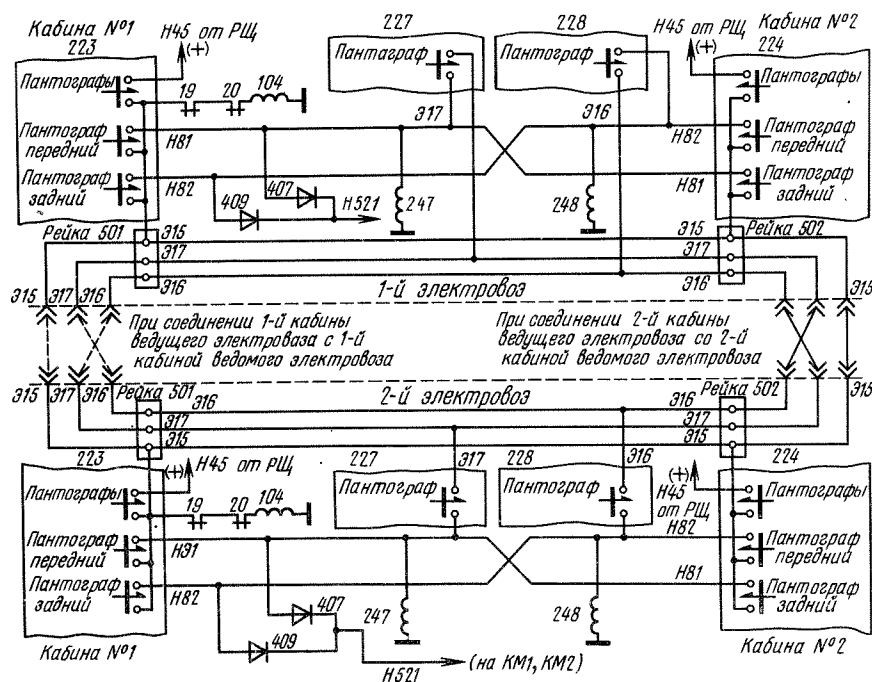


Рис. 279. Схема цепей управления токоприемниками электровоза ВЛ60^к

реле времени 204 через контакты переключателя режимов ПРО-2, контакты электрической блокировки штор ВВК 251 и 252 и размыкающий контакт переключателя ступеней ГПноз.1 (замкнут только на позициях);

катушка 4 уд. удерживающего электромагнита главного выключателя по цепи: провод *H72*, блок-контакт *ГПО—П1*, контакты реле времени 204, реле заземления 88, контакт реле *РМТ*. Удерживающая и включающая катушки ГВ соединены с корпусом электровоза через замыкающий контакт автомата минимального давления *АМД*, который включается, если давление воздуха в резервуаре ГВ не менее 548,8 кПа (5,6 кгс/см²), и отключается, если давление ниже 450,8 кПа (4,6 кгс/см²). При включении кнопки *Выключение ГВ* подготовляются также цепи питания реле 264 (через контакт переключателя режимов *ПРО—2* и контакты реле перегрузки *РП1—РП6*). Удерживающие катушки реле 21, 22 питаются по проводу *H45* (от РЩ).

Для включения ГВ одновременно нажимают кнопку *Включение ГВ и возврат реле*. При этом подается питание на включающую катушку 4 вкл. главного выключателя по цепи: провод *Н76*, контакт переключателя режимов *ПРО—2*, блок-контакт *ГПО* (контроль нулевой позиции ЭКГ), контакт реле 207, контакты реле 251, 252 блокировок штор ВВК, собственный размыкающий контакт 4.

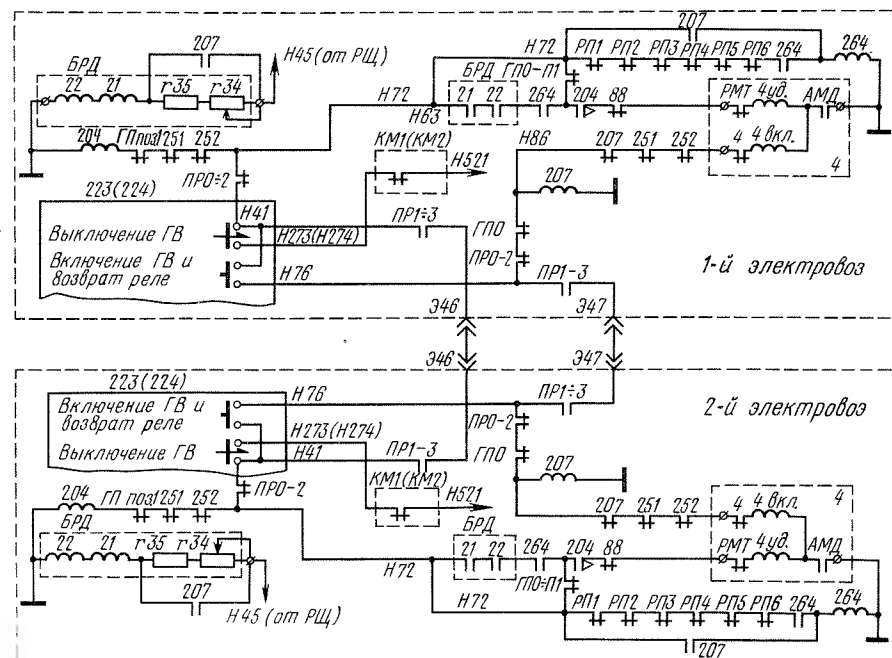


Рис. 280. Схема цепей управления главным выключателем электровоза ВЛ60^к

Контакты реле 264, 21 и 22 в цепи катушки 4 уд шунтированы блок-контактом ГП0—П1. Этим достигается возможность включения ГВ на нулевой позиции ЭКГ при выключенных реле 264, 21 и 22.

Если катушка 4 уд обтекается током, то ГВ включается и одновременно получает питание катушка реле 207. При включении ГВ его блок-контакт 4 разрывает цепь катушки включающего электромагнита 4 вкл. Контакт реле 207 в цепи катушки 4 вкл. размыкается, что предотвращает повторное включение ГВ при возможном коротком замыкании в силовой цепи. Выключатель ГВ отключается, когда цепь катушки 4 уд теряет питание. Это происходит в следующих случаях: отключение кнопки *Выключение ГВ*; срабатывание одного из реле защиты электровоза от аварийных режимов (264, 204, 88, РМТ, 21, 22); установка переключателя режимов в положение *Отключен 1-й электровоз* (размыкается контакт переключателя ПР0—2); постановка главной рукоятки КМ в положение *БВ*—размыкается контакторный элемент КМ с проводами Н521 и Н273 (Н274). Кроме того, к катушке 4 уд не подводится напряжение, если открыты шторы высоковольтной камеры (разомкнуты контакты 251, 252).

При движении по системе многих единиц катушка 4 уд ведомого электровоза получает питание по цепи: кнопка *Выключение ГВ*, провод Н41, контакт переключателя режимов ведущего электровоза ПР1—3, межэлектровозный провод Э46, блок-контакт переключателя режимов ПР1—3 ведомого электровоза, провод Н41 и далее, как обычно. При этом возбуждается удерживающая катушка ГВ. К его включающей катушке подводится напряжение по следующей цепи: на ведущем электровозе—кнопка *Включение ГВ и возврат реле*, провод Н76, блок-контакт переключателя режимов ПР1—3, межэлектровозный провод Э47, блок-контакты ПР1—3 переключателя режимов ведомого электровоза, провод Н76 и далее, как было указано выше. Если необходимо отключить ведущий электровоз, переключатель режимов на нем устанавливают в положение *Отключен 1-й электровоз*. При этом размыкаются блок-контакты ПР0—2 и цепи главного выключателя питания не получают. Если необходимо отключить ведомый электровоз, переключатель режимов на ведущем устанавливают в положение *Самостоятельная езда*. При этом цепи питания ГВ ведомого электровоза разрываются блок-контактами ПР1—3 переключателя ведущего электровоза.

Если выключить кнопку *Пантографы* или *Пантограф задний* (*Пантограф передний*) при включенном ГВ, то потеряет питание провод Н521 (см. рис. 279) и, следовательно, будет разорвана цепь удерживающей катушки ГВ. Главный выключатель успеет выключиться раньше чем опустится токоприемник, что исключает в этом случае возможность пережога контактного провода.

§ 97. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ80^к

Электровоз ВЛ80^к—двухсекционный, обе секции которого работают по системе многих единиц, чем и обусловлены некоторые особенности цепей управления этого электровоза.

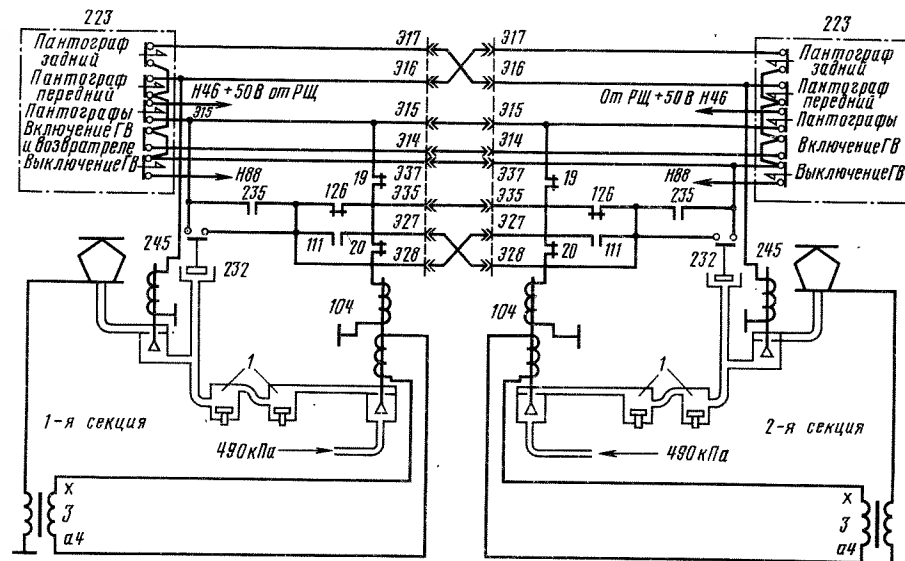


Рис. 281. Схема цепей управления токоприемниками электровозов ВЛ80^к и ВЛ80^п

Цепи управления токоприемниками. Проводом Н46 (рис. 281) напряжение 50 В подводится от распределительного щита РЩ к кнопке *Пантографы* на кнопочном выключателе 223; если она включена, напряжение по проводу Э15 через блок-контакты переключателей 19 и 20 подается на катушку защитного электропневматического вентиля 104. Возбужденный вентиль 104 пропускает сжатый воздух через пневматические блокировки при закрытых дверях к клапанам токоприемника.

При включенной кнопке *Пантограф передний* (или *Пантограф задний*) на кнопочном выключателе 223 от провода Э16 (для другой секции от провода Э17) получает питание клапан токоприемника 245, который пропускает воздух в пневматическую систему токоприемника, что вызывает его подъем. Напряжение на катушку клапана токоприемника 245 подается по цепи: провод Э15, контакты реле давления 232 (в 1-й секции), замкнутые блок-контакты переключателя 126, провод Э35, межсекционное соединение, провод Э35 (2-я секция), замкнутые блок-контакты переключателя 126, контакты реле давления 232 (2-я секция), провод Э37, межсекционное соединение, провод Э37 (1-я секция), общая шина на кнопочном выключателе 223, провод Э16 (при включенной кнопке *Пантограф передний*), катушка клапана 245.

Как следует из этой цепи, катушка клапана токоприемника может получить питание лишь в том случае, если замкнуты контакты реле давления 232 в обеих секциях, что обеспечивает контроль блокирования дверей высоковольтных камер. Пневматические блокировки дверей 1 высоковольтных камер в пневматической цепи расположены до реле давления 232. Поэтому, если двери высоковольтной

камеры ими не заблокированы, доступ воздуха к реле давления прекращается и оно своими контактами прерывает цепь питания клапана токоприемника 1-й секции. Подъем токоприемника невозможен.

Если переключатель 19 или 20 находится в положении, соответствующем питанию тяговых двигателей от сети депо, его блок-контакт разывает цепь питания защитного вентиля 104, который перекрывает доступ воздуха к пневматическим блокировкам и клапанам токоприемника. Вентиль 104 имеет обмотку переменного тока, которая включена на напряжение 380 В. Если даже будут выключены кнопки *Пантографы*, *Пантограф передний*, *Пантограф задний*, а сам токоприемник по какой-либо причине не опустится, то при включенном ГВ войти в высоковольтную камеру будет невозможно. В этом случае обмотки переменного тока вентиля 104 обтекаются током, клапан вентиля не выпускает воздух из пневматических блокировок и шторы заперты.

При необходимости поднять токоприемник 1-й секции, не накачивая воздух в пневматическую систему 2-й секции (реле 232 отключено), контроль за блокированием штор ВВК 2-й секции осуществляется блокировочным устройством 235. Контакты этого устройства замкнутся, только если закрыты замки штор ВВК, ключи из них вынуты, вставлены в замки блокировочного устройства и повернуты на угол 90°.

Замыкаются контакты при повороте ручки в положение *Реле давления зашунтировано*.

Главные выключатели обеих секций включаются кнопкой с самовозвратом *Включение ГВ и возврат реле*; кнопка *Выключение ГВ* должна быть включена предварительно (рис. 282). Напряжение 50 В к кнопке *Выключение ГВ* (см. рис. 281) подводится от распределительного щита по проводу Н46, через кнопку *Пантографы*, провод Э15, контакты реле давления 232, блок-контакты переключателя 126 (1-я секция), провод Э35, межсекционное соединение, контакты переключателя 126, реле давления 232 (2-я секция), провод Э37, межсекционное соединение, кнопка *Выключение ГВ* на кнопочном выключателе 1-й секции. Если эта кнопка включена, то от провода Н88 (см. рис. 282) через контакторный элемент контроллера машиниста КМЭ, замкнутый на всех положениях главной рукоятки контроллера, кроме положения ВВ, напряжение будет подано в провод Э13 на обеих секциях электровоза. Этот провод подводит питание к цепям удерживающих катушек ГВ через контакты следующих защитных аппаратов: промежуточного реле 264 (контролирует работу реле перегрузок РП1—РП4), быстродействующего дифференциального реле (21, 22), реле времени 204, реле заземления 88, реле перегрузки вспомогательной цепи 113, реле максимального тока РМТ.

Контакты ГПО в цепи провода Н72, шунтирующие контакты реле 264, 21 и 22, обеспечивают подачу напряжения на удерживающую катушку ГВ и, следовательно, включение главного выключателя только в том случае, если групповой переключатель ступеней ЭКГ находится на нулевой позиции. На последующих позициях группового переключателя питание удерживающей катушки ГВ осуществляется через контакты реле 264, 21 и 22. Одновре-

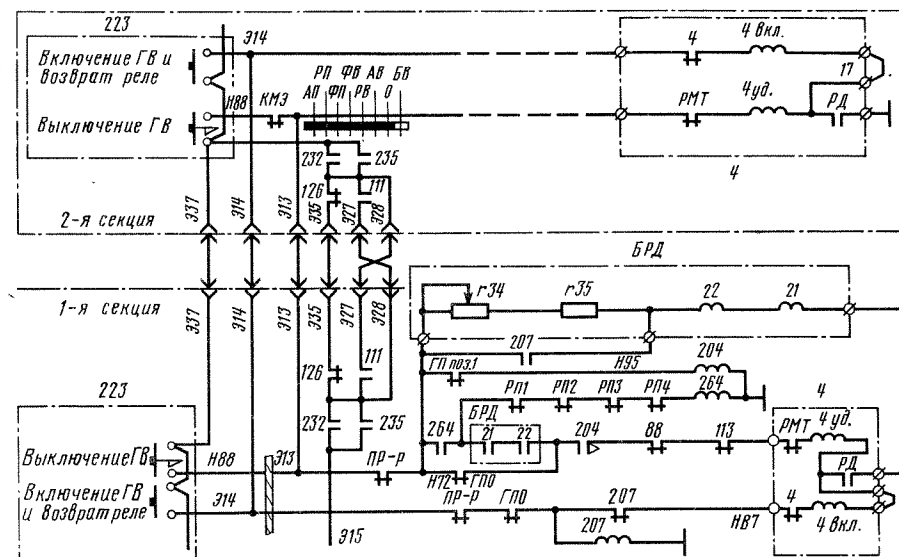


Рис. 282. Схема цепей управления главными выключателями электровоза ВЛ80^к

менно с этим от провода Н72 напряжение получают катушки реле 21 и 22 (БРД), 204 (реле времени) и 264 (промежуточное реле).

При нажатии кнопки *Включение ГВ и возврат реле* получает импульс напряжения включающая катушка ГВ по цепи: провод Э14, контакты переключателя режимов ПР-Р, контакты ГПО (контроль нулевой позиции ЭКГ), контакты реле 207, собственные блок-контакты 4. Главный выключатель включается и блок-контактами 4 разывает цепь катушки 4 вкл. Одновременно возбуждается катушка реле 207, при этом размыкаются его контакты в цепи включающей катушки ГВ, что предотвращает его повторное включение и «звонковую» работу при возможном коротком замыкании в силовой цепи.

Отключается ГВ, когда цепь удерживающей катушки 4 уд теряет питание. Это происходит в следующих случаях: перевод главной рукоятки КМЭ в положение ВВ (размыкается контакторный элемент КМЭ в проводах Н88—Э13); отключение кнопки *Выключение ГВ*; установка переключателя режимов в положение *Отключение секции* (размыкается контакт переключателя ПР-Р); открытие штор ВВК (срабатывает реле 232); срабатывание одного из реле защиты от аварийных режимов (264, 21, 22, 204, 88, 113, РМТ, РД).

В цепях управления главным выключателем и токоприемниками имеется общий предохранитель на щите 210. Это сделано для того, чтобы токоприемник не опускался под нагрузкой при аварийном перегорании предохранителя в цепи катушки клапана токоприемника 245. Перегорание общего предохранителя приводит сначала к отключению главного выключателя, а затем к опусканию токоприемника.

§ 98. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ80^Р

Цепи управления токоприемником. Питание этих цепей осуществляется от распределительного щита по проводу *Н46* (рис. 283). От коротких замыканий цепи защищены автоматическим выключателем *ВА1*, установленным на блоке автоматов *215* в кабине машиниста.

Для подъема токоприемника необходимо подать сжатый воздух в цилиндр его привода, включив электропневматический клапан *245*. Напряжение $+50$ В на катушку клапана *245* подается включением кнопок *Пантографы* и *Пантограф передний* для токоприемника 1-й секции или *Пантограф задний* для токоприемника 2-й секции (при управлении из кабины 1-й секции). Если нажата кнопка *Пантографы*, напряжение $+50$ В подается на провод *Э15* и через блокировки разъединителей *19*, *20* на катушку вентиля защиты *104*. Возбужденный вентиль *104* пропускает сжатый воздух через пневматические блокировки закрытых дверей и штор высоковольтной камеры к клапану *245*.

Питание катушки клапана *245* осуществляется по цепи: провод *Н46*, контакт кнопки *Пантографы*, провод *Э15*, блок-контакт пневматического выключателя управления *232* (или блокировочного устройства *235*), блок-контакты разъединителей *126* 1-й и 2-й секций, блок-контакт *232* (или *235*) 2-й секции, провод *Э29* 2-й секции, межсекционное соединение, провод *Э30* 1-й секции, блок-контакты переключателя *410* 1-й секции (включен блок управления на 1-й секции), провод *Э37*, контакт кнопки *Пантограф передний* (или *Пантограф задний*), провод *Э16*, катушка клапана *245*.

Подъем токоприемника любой секции возможен только при закрытых шторах и дверях высоковольтных камер. Если двери высоковольтных камер секций электровоза открыты, то пневматические блокировки *ПБ1—ПБ3* перекрывают доступ воздуха к клапанам токоприемника и подъем токоприемника невозможен. Контроль за блокированием высоковольтной камеры 2-й секции осуществляет выключатель управления *232*, который в пневматической цепи стоит после блокировок штор. Если высоковольтная камера не заблокирована, то блокировками *ПБ1—ПБ3* доступ воздуха к пневматическому выключателю *232* закрывается и он своим контактом прерывает цепь питания клапанов токоприемников. Подъем токоприемников в этом случае невозможен.

Когда разъединители *19* и *20* находятся в положении, соответствующем питанию тяговых двигателей от сети депо, их блок-контакты разрывают цепь питания защитного вентиля *104*, который перекрывает доступ воздуху к пневматическим блокировкам и к клапану токоприемника. Вентиль *104* имеет вторую обмотку переменного тока, которая включена на напряжение 380 В обмотки собственных нужд. Если выключены кнопки *Пантографы*, *Пантограф передний*, *Пантограф задний*, а сам токоприемник по какой-либо причине не опустился, то при включенном главном выключателе войти в высоковольтную камеру невозможно. В этом случае обмотка переменного тока вентиля *104* обтекает ток, клапан вентиля не выпускает воздух из пневматических блокировок, шторы и двери остаются закрытыми.

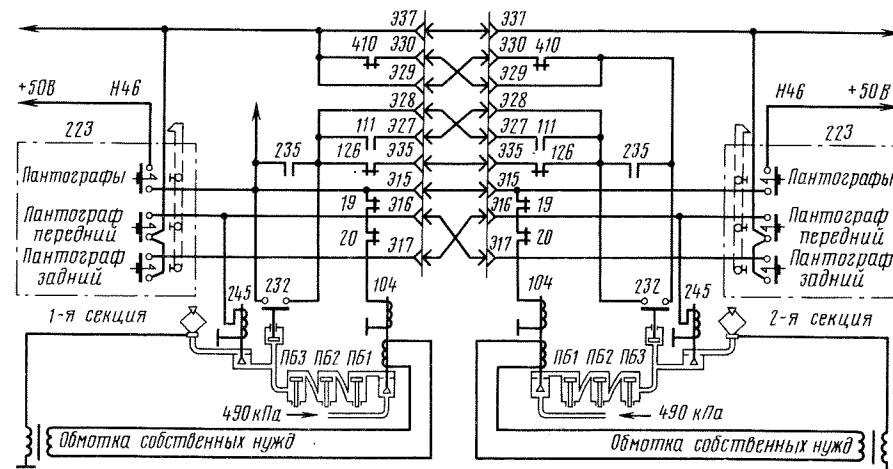


Рис. 283. Схема цепей управления токоприемниками электровоза ВЛ80^Р

Если необходимо поднять токоприемник в 1-й секции, не накачивая воздух в пневматическую систему 2-й секции (пневматический выключатель *232* отключен), контроль за блокированием штор и дверей ВВК 2-й секции осуществляется блокировочным устройством *235*. Контакты этого устройства замкнутся, только если закрыты шторы и двери высоковольтной камеры, ключи вынуты из замков штор высоковольтной камеры, вставлены в замки блокировочного устройства *235* и повернуты на угол 90° . Замыкают контакты, поворачивая ручку в положение *Реле давления зашунтировано*.

В случае необходимости выключения расщепителя фаз одной из секций и питания вспомогательных машин обеих секций от исправного расщепителя фаз, поднять токоприемник возможно, только если отключен (установлен в среднее положение) переключатель вспомогательных цепей *111* в одной из секций. При этом блок-контакты переключателя *111* шунтируют разомкнутые блок-контакты разъединителей *126* 1-й и 2-й секций, что необходимо для предотвращения включения обмоток собственных нужд тяговых трансформаторов 1-й и 2-й секций на параллельную работу, так как при этом в случае отключения на одной из секций главного выключателя под действием аппаратов защиты возникает трансформация напряжения обмотки 380 В на обмотку $25\,000$ В отключенного трансформатора. Это может привести к повреждениям.

Блокировки (провода *Э30—Э37* на 1-й секции и *Э29—Э30* на 2-й) переключателей блоков *410* исключают подъем токоприемников при включенных переключателях *410* на обеих секциях. Это необходимо для обеспечения работы блока управления *400* только на одной из секций.

От провода *Э37* одновременно с клапаном *245* получают питание цепи управления главным выключателем, что обеспечивает защиту от перегрева контактного провода при опускании токоприемника. Если при включенном главном выключателе и поднятом токоприемнике будет выключена кнопка *Пантографы*, отключится автоматиче-

ский выключатель *ВА1* или нарушится контакт в одной из блокировок аппаратов 232 (235), 126 (111), 410, то в связи с тем, что время выключения ГВ меньше времени опускания токоприемника, главный выключатель отключится раньше и, следовательно, отрыв полоза токоприемника от контактного провода будет происходить при обесточенной цепи.

Цепи управления главным выключателем. Включение главных выключателей обеих секций возможно только при закрытых дверях и шторах высоковольтных камер. Принцип блокирования, принятый для токоприемников, действителен и для главных выключателей.

Питание удерживающей и включающей катушек главного выключателя 4 осуществляется от провода *Н46* через блокировки аппаратов 232 (235), 126 (111), 410 (рис. 283) по проводу *Э37*.

Для включения главного выключателя необходимо: включить автоматический выключатель *ВА1* на блоке автоматов 215, включить кнопку *Пантографы*, кнопку *Выключение ГВ* и кратковременно (на 1—3 с) кнопку *Включение ГВ и возврат реле*.

Кнопкой *Выключение ГВ* подается питание на удерживающую катушку главного выключателя по цепи: провод *Э37*, контакт кнопки *Выключение ГВ*, провод *Н88*, контакт 21—22 главного вала контроллера машиниста, провод *Э13*, блокировка переключателя режимов *ПР*, контакты реле заземления 83 (только на 1-й секции), реле заземления 88, реле перегрузки 113, реле перегрузки *РТВ1* (только на 1-й секции), реле максимального тока *РМТ* (рис. 284).

Кнопкой *Включение ГВ и возврат реле* подается напряжение на включающую катушку ГВ по цепи: провод *Э37*, контакт кнопки *Включение ГВ и возврат реле*, провод *Э14*, блокировка переключателя режимов *ПР*, контакты реле 247, 264, реле 207, блокировочного переключателя *БП*, собственные размыкающие блок-контакты 4.

Удерживающая и включающая катушки главного выключателя соединены с корпусом электровоза через контакт реле минимального давления *РД*. Контакты этого реле замыкаются при давлении воздуха в резервуаре главного выключателя выше 568,4 кПа (5,8 кгс/см²) и размыкаются при давлении ниже 470,4 кПа (4,8 кгс/см²). После включения главного выключателя размыкаются его блок-контакты в цепи включающей катушки и замыкаются блок-контакты в цепи питания катушки реле 207. Реле 207 включается, самоблокируется и размыкает свой контакт в цепи включающей катушки ГВ, что предотвращает повторное включение главного выключателя при возможном коротком замыкании в силовой цепи. Реле 207 включено, пока нажата кнопка *Включение ГВ и возврат реле*.

Возбуждение реле 207 после включения главного выключателя исключает застревание последнего в промежуточном положении. Kontakтами реле 264 в цепи катушки 4 вкл. осуществляется контроль включения главного выключателя только в положении 0 и в положении *П0* главной рукоятки контроллера машиниста, когда ток якоря тяговых двигателей равен нулю.

Блокировками переключателя режимов *ПР* обеспечивают отключение главного выключателя в режиме *Отключение секции*.

Отключить главный выключатель можно, выключив кнопку *Выключение ГВ* или установив главную рукоятку в положение *БВ*.

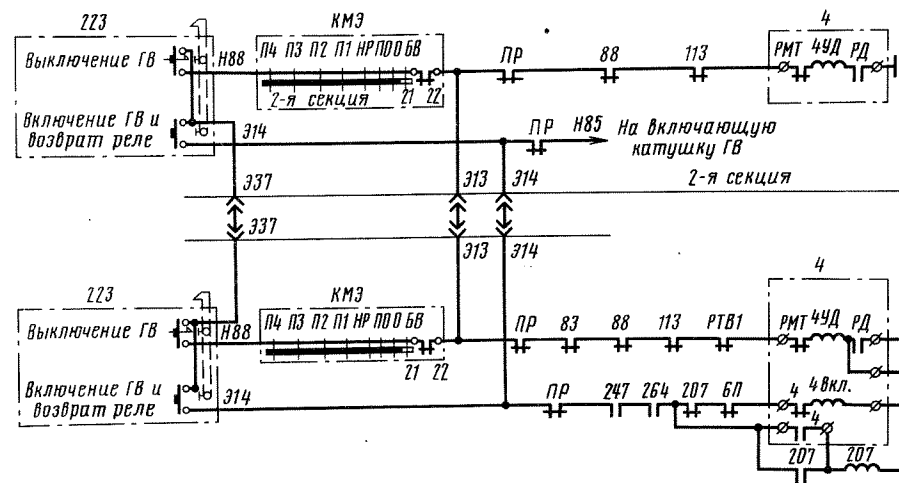


Рис. 284. Схема цепей управления главными выключателями электровоза ВЛ80Р

Реле перегрузки *РТВ1* и реле заземления 83 срабатывают только в режиме рекуперативного торможения. Эти реле установлены только на 1-й секции электровоза, их контакты заведены в цепь удерживающей катушки главного выключателя 1-й секции. Контакты блокировочного переключателя *БП* отключают цепь питания включающей катушки ГВ в режиме рекуперации. Это исключает повторное включение ГВ при срабатывании защитных аппаратов, блок-контакты которых введены в цепь удерживающей катушки.

§ 99. Управление цепью высшего напряжения электровозов ЧС4 и ЧС4^г

Особенностью цепей высшего напряжения электровозов ЧС4 и ЧС4^г является наличие в них высоковольтного переключателя ступеней тягового трансформатора. Его работа неразрывно связана с работой силовой цепи и поэтому рассмотрена в разделе управления тяговым режимом электровозов ЧС4 и ЧС4^г (см. § 109).

Управление цепью высшего напряжения для электровозов ЧС4 и ЧС4^г осуществляется одинаково, имеются лишь незначительные различия. Рассмотрим управление цепью высшего напряжения применительно к электровозу ЧС4.

Цепи управления токоприемниками. Для подъема токоприемника, расположенного над первой кабиной, необходимо подать напряжение на катушку вентиля 398, а для подъема токоприемника над второй кабиной — на катушку вентиля 399 (рис. 285, а). Перед подъемом токоприемников должны быть заблокированы шторы и двери всех помещений, где расположены высоковольтные аппараты и оборудование (двери высоковольтной камеры, шкафы аппаратов и выпрямительных установок, а также лестницы и сетка), включены автомати-

ческие защитные выключатели 801, 813 (рис. 285, б), а также 395 и 811. В этом случае провода 822 и 823 окажутся под напряжением.

Чтобы создать запас воздуха для подъема токоприемника, предусмотрен компрессор, приводом которого является двигатель 812, получающий питание от аккумуляторной батареи (провод 823).

При установке кулачкового выключателя 456 (457) в положение *Вспомогательный компрессор* создается цепь питания катушки контактора 810 от провода 823 через выключатель 395, контакт выключателя, контакт реле давления 808, провод 826 и размыкающие блок-контакты 810.

Контактор 810, включившись, через защитный выключатель 811 подключает двигатель вспомогательного компрессора к батарее (к проводу 823). Одновременно размыкаются блок-контакты контактора 810, а питание катушки его происходит через добавочный резистор. При включении контактора 810 замыкаются его блок-контакты и загорается лампа 804 (805) *Вспомогательный компрессор*. Когда давление воздуха достигает 784 кПа, контакты реле давления 808 размыкаются, катушка контактора 810 теряет питание и он отключает двигатель вспомогательного компрессора (812) от батареи; одновременно гаснет лампа 804 (805).

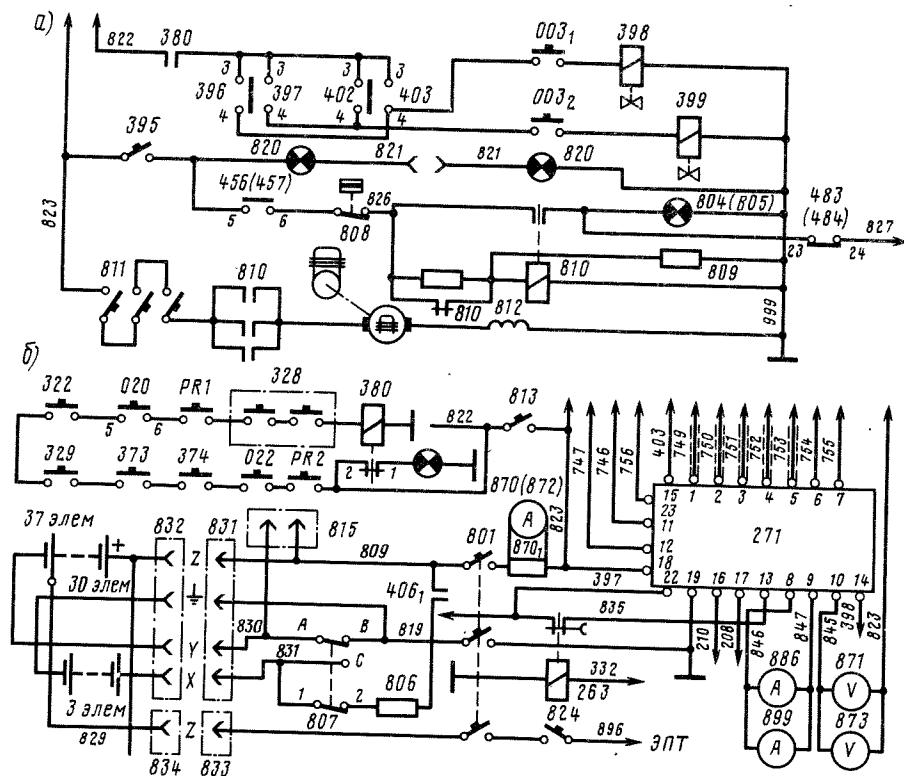


Рис. 285. Схема цепей управления токоприемниками электровоза ЧС4

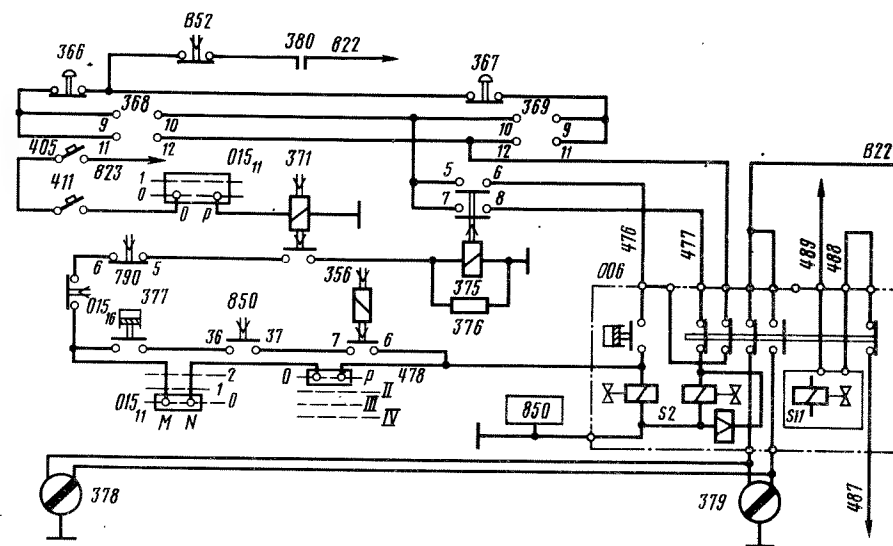


Рис. 286. Схема цепей управления главным выключателем электровоза ЧС4

Для подъема токоприемника первой кабины 001 (см. рис. 254) необходимо включить кулачковый выключатель 396 (*Пантограф передний*) в первой кабине или выключатель 403 (*Пантограф задний*) во второй. При этом создается цепь питания катушки вентилей 398 (см. рис. 285): провод 822, контакты реле безопасности 380, контакты 3—4 выключателя 396 или 403, конечная блокировка 003₁ разъединителя первого токоприемника, катушка 398, провод 999, земля (корпус). Через вентиль 398 воздух поступает в цилиндр привода токоприемника, что вызывает его подъем.

Для подъема второго токоприемника необходимо включить кулачковый выключатель 397 в первой кабине или выключатель 402 во второй. При этом создается аналогичная цепь питания катушки вентилей 399 от провода 822 через контакт 003₂ разъединителя второго токоприемника.

Цепи управления главным выключателем. Для включения главного выключателя необходимо перевести кулачковый выключатель 368 (369) в нефиксированное положение (вправо до упора). При этом создается следующая цепь питания удерживающей катушки ГВ, а также катушки реле 375 (рис. 286): провод 822, контакты реле 380, размыкающие контакты реле 852 (в защитном блоке 850), кнопки 366 (367) быстрого выключения ГВ, контакты 11—12 выключателя 368 (369), размыкающие блок-контакты главного выключателя 006, контакты автоматического выключателя минимального давления ГВ. Далее цепь разветвляется на удерживающую катушку ГВ и на катушку реле 375 по проводу 478, через блокировку пневмодвигателя О-Р, блокировку переключателя ступеней М-Н (замкнутую только на нулевой позиции), нижний контакт газового реле 015₁₆, размыкающие контакты реле 790, замыкающие контакты реле времени 371, катушка реле 375.

При включении реле 375 замыкаются его контакты. Одна пара их (5—6) создает цепь питания удерживающей катушки ГВ (и реле 375) через контакты 9—10 выключателя 368 (369). Эта цепь не зависит от размыкающих блок-контактов ГВ и от контактов 11—12 выключателя 368 (369), замкнутых только в нефиксированном положении ГВ. Вторая пара замыкающих контактов реле 375 (7—8) создает цепь питания включающей катушки ГВ через его размыкающие блок-контакты.

Возбуждение удерживающей катушки ГВ и подача импульса питания на включающую катушку приводят к включению главного выключателя. При этом размыкаются его блок-контакты в цепи включающей катушки и она теряет питание. Указатель положения ГВ 378 (379) занимает вертикальное положение: ГВ включен. После включения ГВ выключатель 368 (369) переводится в фиксированное положение *Управление*, при этом размыкаются его контакты 11—12. В дальнейшем питание на катушку реле 375 будет поступать, минуя блок-контакты переключателя ступеней М-Н, через замыкающие контакты реле времени 356, контакты 36—37 реле минимального напряжения 851, защитного блока 850 (см. рис. 318) и контакты реле давления тормозной магистрали 377.

§ 100. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ60^к

Цепи управления расцепителями фаз. Напряжение 50 В к кнопке *Фазорасцепители* на кнопочном выключателе 225 или 226 подводится от распределительного щита по проводу Н46 (рис. 287). После включения этой кнопки по проводу Э18 получают питание кнопки всех вспомогательных машин на КУ 225 или 226 и кнопка *Фазорасцепитель* КУ 227.

При включенной кнопке *Фазорасцепитель* на КУ 227 подается напряжение на катушку контактора 119 через размыкающие контакты реле оборотов 249. Контактор 119 включается и своим блок-контактом замыкает цепь питания катушки контактора 125. Включением этих контакторов обеспечивается запуск расцепителя фаз ФР1. При достижении расцепителем фаз частоты вращения, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов 249, контакт которого разрывает цепь питания катушки контактора 119, отключающего пусковой резистор. Катушка контактора 125 продолжает получать питание через свой блок-контакт. Контакт 249, замкнувшись, собирает по проводу Н59 цепь питания кнопки *Фазорасцепитель* на КУ 228. Когда эта кнопка включается, получает питание катушка контактора 120 через контакт реле оборотов 250 второго расцепителя фаз, катушка контактора 126—через блок-контакты контактора 120 и тепловых реле 138 и 140.

Контакты 120 и 126 включаются, и начинается запуск расцепителя фаз ФР2. При достижении им частоты вращения, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов 250, контакт которого разрывает цепь питания катушки контактора 120, отключающего пусковой резистор. При замыкании контакта 250 в цепи проводов Н60-Н59 подается питание через блок контакты контакторов 125,

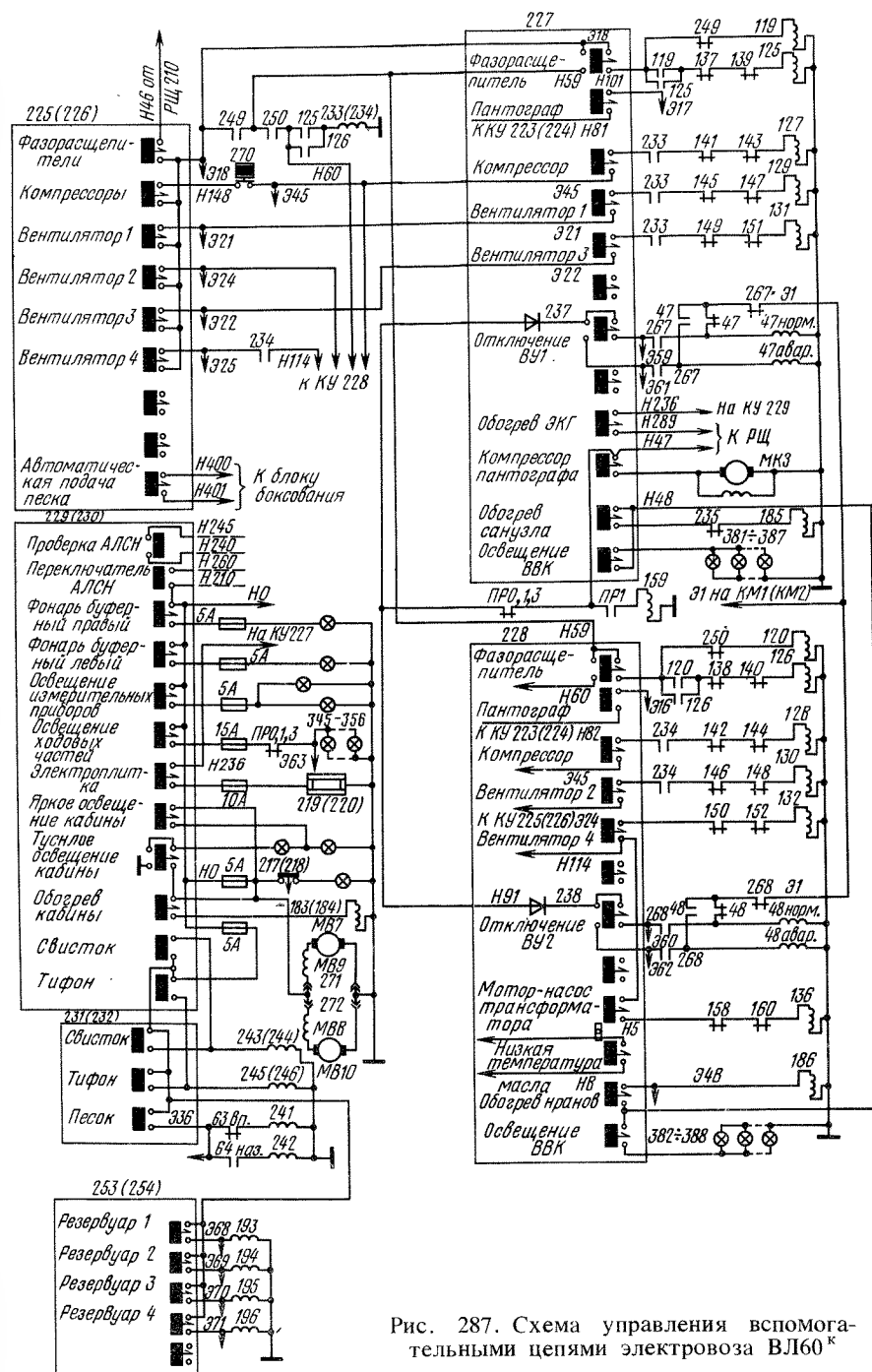


Рис. 287. Схема управления вспомогательными цепями электровоза ВЛ60^к

126 на катушки реле 233 (234). Реле 233 (234) включаются, замыкая свои контакты в цепи контакторов всех вспомогательных машин. Эти реле исключают возможность включения вспомогательных машин до окончания запуска расцепителей фаз.

После запуска расцепителя фаз и срабатывания реле 233, 234 пуск любой из вспомогательных машин производится включением кнопки этой машины на кнопочных выключателях 225, 226, 227, 228.

Цепи управления двигателями компрессоров. При включении кнопки *Компрессоры* на КУ 225 или 226 через контакты регулятора давления 270, кнопку *Компрессор* на кнопочных выключателях 227 и 228, контакты реле 233, 234 и тепловых реле 141—144 подается напряжение на катушки контакторов 127, 128 и происходит запуск мотор-компрессоров.

Цепи управления двигателями вентиляторов и насоса трансформатора. Вентиляторы включают соответствующими кнопками на КУ 225 или 226 в кабине машиниста. К этому времени должны быть включены соответствующие кнопки на КУ 227, 228 в кузове электровоза.

При включении кнопки *Вентилятор 1* получает питание катушка контактора 129. При этом начинает работать двигатель вентилятора, охлаждающего тяговые двигатели I и II, выпрямительную установку 61, блок генераторной защиты тяговых двигателей I—III. В результате включения кнопок *Вентилятор 2* и *Вентилятор 3* контакторы 130 и 131 замыкают цепь питания двигателей вентиляторов охлаждения тяговых двигателей III и IV, сглаживающих реакторов, индуктивных шунтов и радиаторов тягового трансформатора. При включении кнопки *Вентилятор 4* контактор 132 включает двигатель вентилятора охлаждения тяговых двигателей V и VI и выпрямительной установки 62.

Одновременно с включением кнопки *Вентилятор 4* на кнопочном выключателе 225 (226) подается питание через кнопку *Мотор-насос трансформатора* на КУ 228 на катушку контактора 136, включающего электронасос трансформатора. Кнопки *Мотор-насос трансформатора* и *Низкая температура масла* имеют механическую блокировку, не допускающую одновременного их включения.

Защита от перегрузки двигателей вспомогательных машин осуществлена тепловыми реле, контакты которых отключают цепь катушки контактора соответствующего двигателя.

§ 101. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ80^к

Цепи управления расцепителями фаз. Напряжение 50 В к кнопке *Фазорасцепители* (рис. 288) на КУ 224 подводится от распределительного щита по проводу Н47. После включения этой кнопки (например, на I-й секции электровоза) по проводу Э18 через блок-контакты переключателя 111 получают питание катушки контакторов 119 и 125.

Напряжение на катушку контактора 125 подается через блок-контакты контактора 119, т. е. лишь после того, как он включится. Это предотвращает включение расцепителя фаз на напряжение

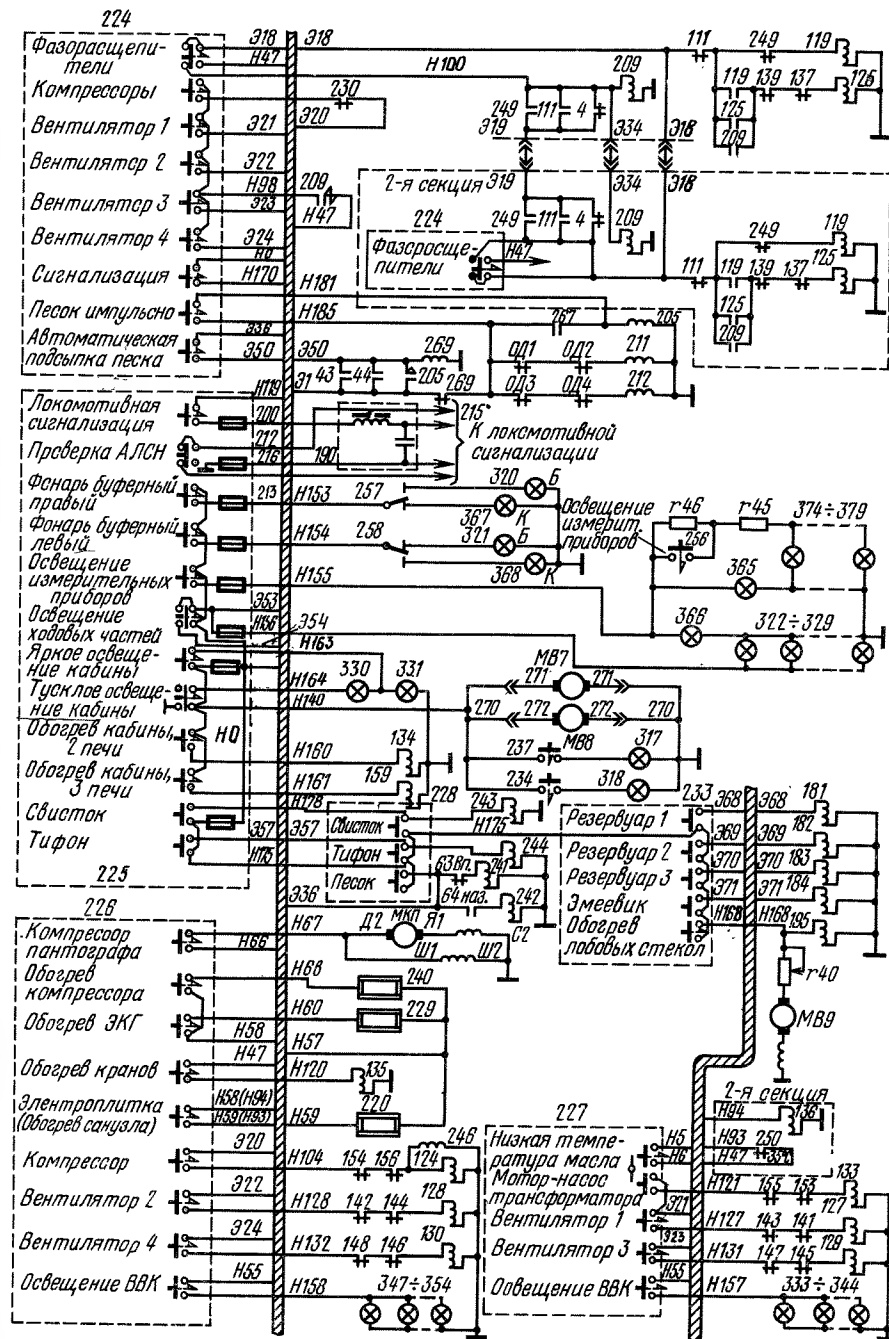


Рис. 288. Схема управления вспомогательными цепями электровоза ВЛ80^к

вспомогательной обмотки, пока не введен в цепь пусковой резистор генераторной фазы. Катушка контактора 119 получает питание при замыкании контактов реле оборотов 249.

Контакты 119 и 125 включаются, и начинается запуск расщепителя фаз. При достижении частоты вращения, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов 249 и выполняет следующие переключения: контакт 249 разрывает цепь питания катушки контактора 119, который, отключаясь, разрывает цепь пускового резистора; замыкающие контакты 249, подготавливает цепь для питания катушек контакторов вспомогательных машин. Запуск расщепителя фаз 2-й секции происходит аналогично. Запускаются оба расщепителя фаз одновременно.

При нормальном запуске расщепителей фаз обеих секций создается цепь: провод Э18 1-й секции, межсекционное соединение, провод Э18 2-й секции, контакты реле оборотов 249 2-й секции, провод Э19, межсекционное соединение, провод Э19, контакты реле оборотов 249 1-й секции, провод Э34, катушки контакторов 209 в обеих секциях. Замыкаются контакты контактора 209, и напряжение 50 В подается на кнопки *Компрессоры*, *Вентилятор 1*, *Вентилятор 2*, *Вентилятор 3*, *Вентилятор 4*. Однако включить эти кнопки можно только на 1-й секции, так как на 2-й они заблокированы. Цепи управления вспомогательными машинами включаются контактором 209, так как ток этих цепей равен примерно 15 А, а контакты реле оборотов 249 на такой ток не рассчитаны.

Вспомогательные машины не запускаются, если не запустился один из расщепителей фаз или не окончен его пуск, так как контакт любого из реле оборотов 249 при этом разрывает цепь питания катушек контакторов 209. Если во время работы электровоза на линии по какой-либо причине отключится главный выключатель, его блок-контакт 4 шунтирует контакты реле оборотов 249. Вследствие этого все вспомогательные машины на секции, где выключился ГВ, останавятся, а на другой секции будут продолжать работать без вмешательства машиниста.

Цепи управления электродвигателя компрессора. При включении кнопки *Компрессоры* на кнопочном выключателе 224 через контакты регулятора давления 230 получает питание кнопка *Компрессор* на КУ 226, от которой через контакты тепловых реле 154, 156 подается напряжение на катушку контактора 124. Для облегчения запуска компрессора применен разгрузочный клапан 246, выпускающий воздух в атмосферу из участка напорной магистрали при выключенном компрессоре.

Катушка 246 получает питание по проводу Н104 одновременно с катушкой контактора 124. Одновременно собираются аналогичные цепи запуска компрессора 2-й секции.

Цепи управления двигателями вентиляторов и насосом трансформатора. Вентиляторы и мотор-насос трансформатора включают соответствующими кнопками на КУ 224 в кабине машиниста. К этому времени должны быть включены соответствующие кнопки на выключателях 226, 227 в кузове электровоза (см. рис. 288).

Кнопки *Вентилятор 1* и *Вентилятор 2* включают контакторы 127 и 128, контакты которых замыкают цепь двигателей вентиляторов охлаждения тяговых двигателей. Одновременно с включением

кнопки *Вентилятор 1* на КУ 224 через кнопку *Мотор-насос трансформатора* на КУ 227 включается контактор 133 электронасоса трансформатора.

Кнопки *Мотор-насос трансформатора* и *Низкая температура масла* имеют механическую блокировку, не допускающую одновременного их включения. При включении кнопок *Вентилятор 3*, *Вентилятор 4* включаются контакторы 129—130, которые замыкают цепь двигателей вентиляторов охлаждения выпрямительных установок, сглаживающих реакторов и радиаторов тягового трансформатора.

Прочие цепи. Включение радиосвязи, прожектора, сигнализации, проверка автоматической локомотивной сигнализации АЛСН, буферных фонарей, освещения измерительных приборов, освещения ходовых частей, локомотивной сигнализации, освещения кабины производятся соответствующими кнопками на кнопочных выключателях 223, 224, 225, расположенных в кабине машиниста (см. рис. 288).

Электрические печи кабины включают кнопками *Обогрев кабины*, *2 печи* и *Обогрев кабины*, *3 печи* выключателя 225. Если необходим незначительный обогрев кабины, включают только кнопку *Обогрев кабины*, *2 печи*; при этом контактор 134 включает две печи в кабине, расположенные одна около кресла машиниста, другая — около помощника. Если включена кнопка *Обогрев кабины*, *3 печи*, контактор 159 включает две печи у машиниста и одну у помощника. При обоих замкнутых кнопках включаются все пять печей.

Лампу для освещения документов машиниста включают кнопкой 237 (на пульте машиниста), а помощника машиниста — кнопкой 234 (на пульте помощника).

Клапаны дистанционной продувки резервуаров обеих секций 181—184 включают кнопками с самовозвратом на КУ 233, установленным на пульте машиниста.

Освещение ВВК, компрессор токоприемника, обогрев компрессора, ЭКГ, санузел, краны и электроплитки включают соответствующими кнопками на кнопочных выключателях 226 и 227 в кузове. Обогреватель ЭКГ и электроплитку можно включить только при работающем зарядном агрегате.

К мотор-вентиляторам обдува лобовых окон кабины МВ7, МВ8 питание подается проводом Н140 через розетки 270. В случае короткого замыкания в цепи ламп сигнальных фонарей перегорает предохранитель на распределительном щите.

Остальные цепи постоянного тока имеют самостоятельные предохранители, установленные в кнопочном выключателе помощника машиниста 225 или на распределительном щите. Светильники освещения кузова включаются и выключаются пакетными выключателями. Включать и выключать светильники можно любым из них независимо от положения другого.

Мотор-вентилятор МВ9 обогрева лобовых стекол включают кнопкой *Обогрев лобовых стекол* кнопочного выключателя 233. Нагреватель 196 контактором 195 включается одновременно с мотор-вентилятором МВ9. Если последний поврежден, нагреватель необходимо немедленно отключить кнопкой *Обогрев лобовых стекол* на КУ 223, так как из-за отсутствия обдува нагреватель быстро выходит из строя.

§ 102. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ80^Р

Цепи управления расцепителями фаз. Управление расцепителями фаз обеих секций осуществляется с помощью кнопки *Фазорасцепитель* КУ 224 в кабинах машиниста (рис. 289).

Напряжение +50 В на кнопку *Фазорасцепитель* подается по проводу Н47 при включении автоматического выключателя ВА3 на блоке автоматов, расположенном в кабине машиниста. При включении кнопки *Фазорасцепитель* (например, на 1-й секции) по проводу Э18 подводится питание к катушке контактора 119 через блок-контакты переключателя 111 и контакты реле оборотов 249. Контактор 119, включаясь, своими блок-контактами замыкает цепь питания катушки контактора 125, который включается и замыкающим блок-контактом шунтирует блок-контакт контактора 119. Таким образом, обеспечивается последовательность включения пускового контактора 119 и включающего 125.

В начале запуска расцепителя фаз в цепь вводится пусковой резистор R6 (см. рис. 275). После разгона расцепителя фаз до 1300 об/мин срабатывает реле оборотов 249 и своим контактом размыкает цепь питания катушки контактора 119 (см. рис. 289), который отключает пусковой резистор R6. Дальнейший разгон расцепителя фаз осуществляется без пускового резистора.

Замыкающий контакт реле оборотов подает напряжение +50 В на катушку контактора 209. Включение контактора 209 на обеих секциях возможно только при работающих расцепителях фаз, когда замкнуты замыкающие контакты реле оборотов обеих секций.

Контактор 209, включаясь, производит следующие операции: замыкающим контактом подает напряжение +50 В на кнопки управления вспомогательными машинами, которые расположены на КУ 224 (см. рис. 290); шунтирует замыкающим блок-контактом блок-контакты контакторов 125 и 119 в цепи катушки 125 (см. рис. 289); включает размыкающим блок-контактом сигнальную лампу *ФР* на пульте машиниста. Загорание этой лампы с зеленым стеклом сигнализирует об окончании запуска расцепителей фаз и образовании трехфазного переменного напряжения 380 В в обеих секциях электровоза. Следовательно, разрешается включение всех вспомогательных машин.

В цепи питания катушки контактора 209 параллельно контактам реле оборотов 249 включены замыкающий блок-контакт переключателя 111 и размыкающий главного выключателя 4. Когда расцепитель фаз выключен, т. е. разомкнуты контакты его реле оборотов 249, переключатель 111 устанавливается в среднее положение и своим блок-контактом шунтирует контакт реле 249. Этим обеспечивается включение контакторов 209, а следовательно, запуск вспомогательных машин обеих секций. Если во время работы электровоза на линии произойдет по какой-либо причине отключение главного выключателя 4, то его блок-контакт шунтирует контакты реле оборотов 249. Вследствие этого все вспомогательные машины на секции, где выключился главный выключатель, остановятся, а на другой секции будут продолжать работать без вмешательства машиниста. Кроме того, указанные блок-контакты главного выключате-

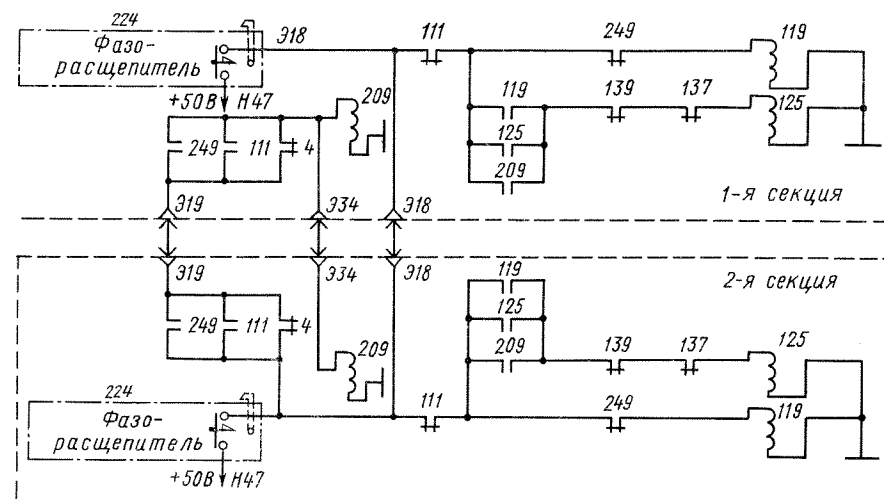


Рис. 289. Схема цепей управления фазорасцепителем электровоза ВЛ80^Р

ля обеспечивают включение контактора 209, а следовательно, и запуск вспомогательных машин при питании от деповской сети через розетки 108, 109, 110.

В случае проезда нейтральной вставки машинист обязан отключить все вспомогательные машины. Время выбега расцепителя фаз большое, и размыкающие контакты реле оборотов 249 довольно долго остаются разомкнутыми. После проезда нейтральной вставки роторы расцепителей фаз продолжают вращаться по инерции. Частота их вращения длительное время будет больше уставки реле оборотов, равной 1100 об/мин, при которой контакты этого реле возвращаются в исходное положение. Катушки контакторов 119 при этом отключены размыкающими контактами реле оборотов. Включение расцепителей фаз после проезда нейтральной вставки осуществляют, не ожидая переключения контактов реле оборотов, нажимая кнопку *Фазорасцепитель*. В этом случае катушки контакторов 209 сразу получают питание через замкнутые контакты реле оборотов. Контакторы 209 включают и своими контактами подают напряжение на кнопки управления вспомогательными машинами, а блок-контактом — на катушки контакторов 125.

Контакторы 125 производят включение вращающихся расцепителей фаз. Разгон расцепителей фаз, вращающихся с частотой не менее 1100 об/мин, может происходить без включения пусковых резисторов.

Одновременно с этим блок-контакт контактора 209 включает сигнальную лампу *ФР*, разрешающую включение вспомогательных машин. Однако включать кнопки вспомогательных машин сразу после загорания сигнальной лампы *ФР* не рекомендуется. Следует сделать паузу, необходимую для того, чтобы частота вращения роторов расцепителей фаз повысилась со 1100 до 1490 об/мин.

Цепи управления вспомогательными машинами. Управление вспомогательными машинами осуществляется кнопками КУ 226 и 227,

установленных в проходном коридоре кузова электровоза, и кнопками КУ 224, расположенного в кабине машиниста (рис. 290).

Перед пуском вспомогательных машин должны быть включены кнопки *Вентилятор 1*, *Вентилятор 2*, *Вентилятор 3*, *Вентилятор 4*, *Компрессор*, *Мотор-насос трансформатора* на кнопочных выключателях 226, 227. Включение и отключение вспомогательных машин осуществляются кнопками *Вентилятор 1*, *Вентилятор 2*, *Вентилятор 3*, *Вентилятор 4*, *Компрессор* выключателя 224 из той кабины, в которой установлен ключ в КУ и кнопки разблокированы.

Напряжение +50 В на кнопки вспомогательных машин подается от распределительного щита 210 по проводу Н98 при включении автоматического выключателя ВА3 на блоке автоматов 215 и контактора 209, контролирующего запуск расцепителей фаз. При включении кнопок *Вентилятор 1* и *Вентилятор 2* напряжение подается на катушки контакторов 127, 128 и 133, которые включают двигатели МВ1 и МВ2 вентиляторов охлаждения тяговых двигателей и электромаслонасос МН. Кнопками *Вентилятор 3* и *Вентилятор 4* подают напряжение на катушки контакторов 129 и 130, которые включают двигатели МВ3 и МВ4 вентиляторов охлаждения выпрямительно-инверторных преобразователей 61 и 62, сглаживающих реакторов 55 и 56 и радиаторов тягового трансформатора 3.

При включении кнопки *Компрессор* возбуждаются катушки контактора 124 и разгрузочного клапана 246. Разгрузочный клапан 246 перекрывает выброс воздуха в атмосферу из участка напорной магистрали между компрессором и обратным клапаном. Контакт 124 включает электродвигатель компрессора МК1. Происходит

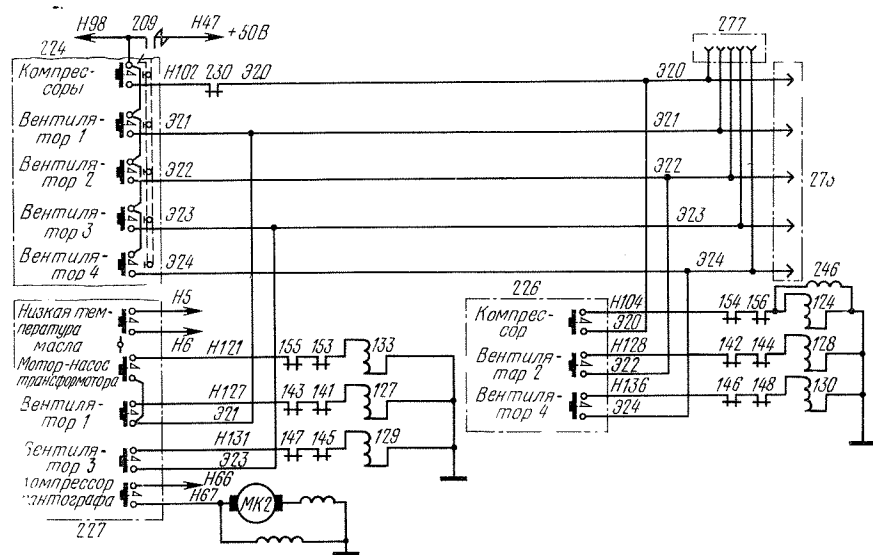


Рис. 290. Схема цепей управления вспомогательными машинами электровоза ВЛ80^Р

облегченный запуск компрессора, так как при отключении компрессора отключается и разгрузочный клапан 246, обеспечивающий выпуск воздуха в атмосферу из участка напорной магистрали.

Питание катушки контактора 124 осуществляется по цепи: провод Н47, контакт контактора 209, провод Н98, кнопка *Компрессор*, провод Н102, блок-контакт регулятора давления 230, провод Э20, кнопка *Компрессор* выключателя 226, провод Н104, контакты тепловых реле 154 и 156. Регулятор давления 230 обеспечивает автоматическое включение и отключение двигателя компрессора в зависимости от давления воздуха в напорной магистрали.

В рекуперативном режиме работы электровоза по проводу Н98 через контакт тормозной рукоятки напряжение подается на контактор 131 (см. рис. 275 и 300), который включает двигатель вентилятора охлаждения балластных резисторов R5 и выпрямительной установки возбуждения 60 (см. рис. 260).

§ 103. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ80^С

Несмотря на то что вспомогательные цепи электровозов ВЛ80^Т и ВЛ80^С почти не отличаются друг от друга, схема управления вспомогательными цепями на электровозе ВЛ80^С имеет существенные особенности. Она построена таким образом, что исключает возможность повторного включения вспомогательных машин при самовосстановлении тепловых реле; повторное включение их возможно лишь при нажатии машинистом соответствующей кнопки на кнопочном выключателе. Это сделано для того, чтобы не допустить многократных самопроизвольных отключений и включений вспомогательных машин, приводящих к их повреждению.

Кроме того, схема управления вспомогательными цепями электровоза ВЛ80^С позволяет управлять ими на 4-х секциях одновременно с одного поста при работе двух электровозов по системе многих единиц.

Прежде чем приводить в действие цепи управления расцепителями фаз и вспомогательными машинами, следует включить автоматические выключатели ВА9 и ВА10 на блоке автоматов 215 (рис. 291), а также все кнопки вспомогательных машин на кнопочных выключателях 226 и 227, на обеих секциях электровоза или на всех секциях двух электровозов, работающих по системе многих единиц. Если же на одной из секций какая-либо из вспомогательных машин неисправна, то соответствующая кнопка на КУ 226 или 227 не включается.

Цепи управления расцепителями фаз. Напряжение 50 В подводится к кнопке *Вспомогательные машины* на КУ 224 от РЩ по проводу Н0 через автоматический выключатель ВА9 на блоке автоматов 215 и далее по проводу Н09. При включении указанной кнопки подается напряжение в провод Э18. Нажав кнопку с самовозвратом *Фазорасцепитель*, подают питание на катушку контактора 119 по цепи: провод Э9, панель диодов 505, размыкающие контакты переключателей ПР, 111 и реле оборотов 249. После того как замкнутся замыкающие контакты контактора 119, получает питание также

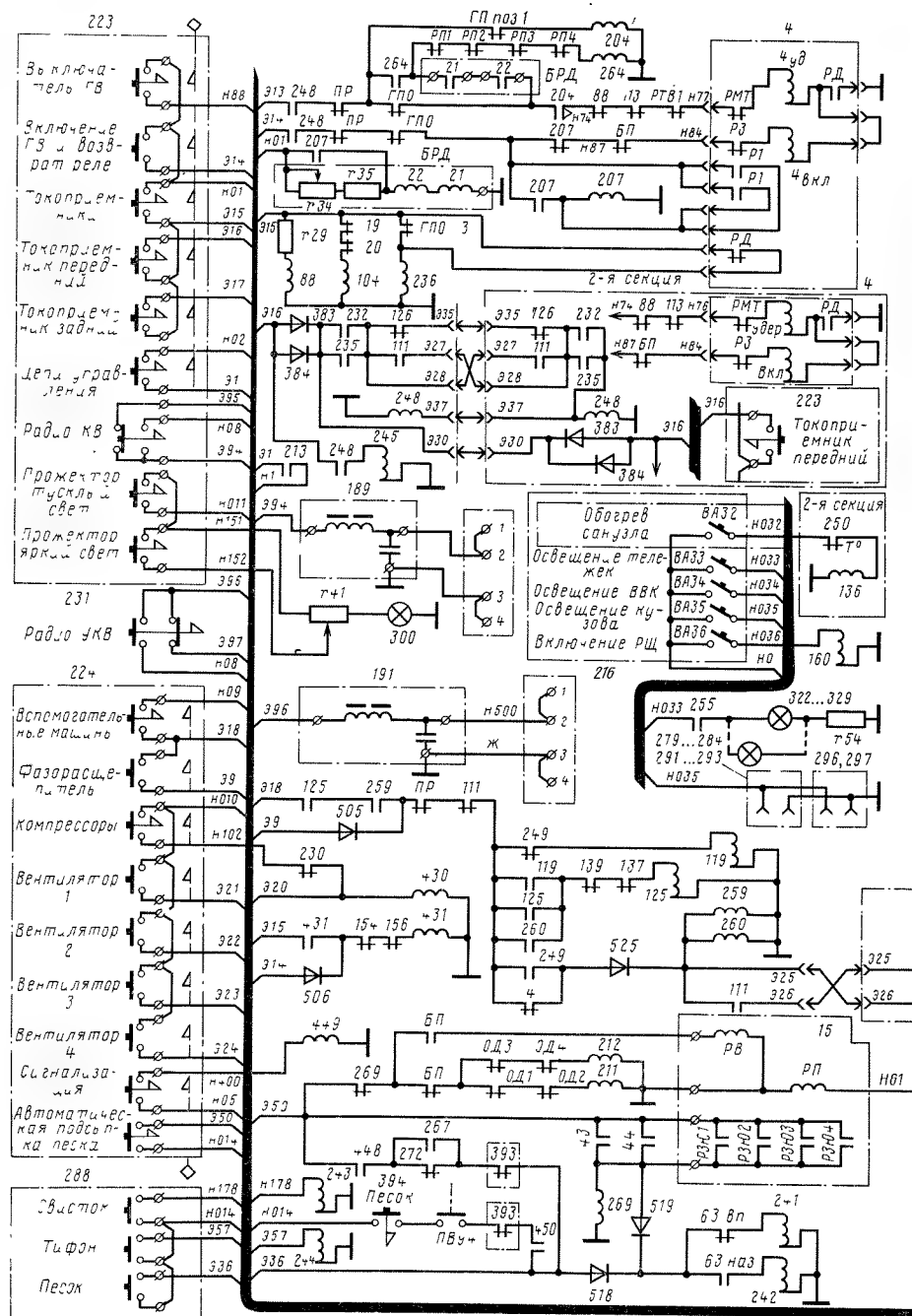
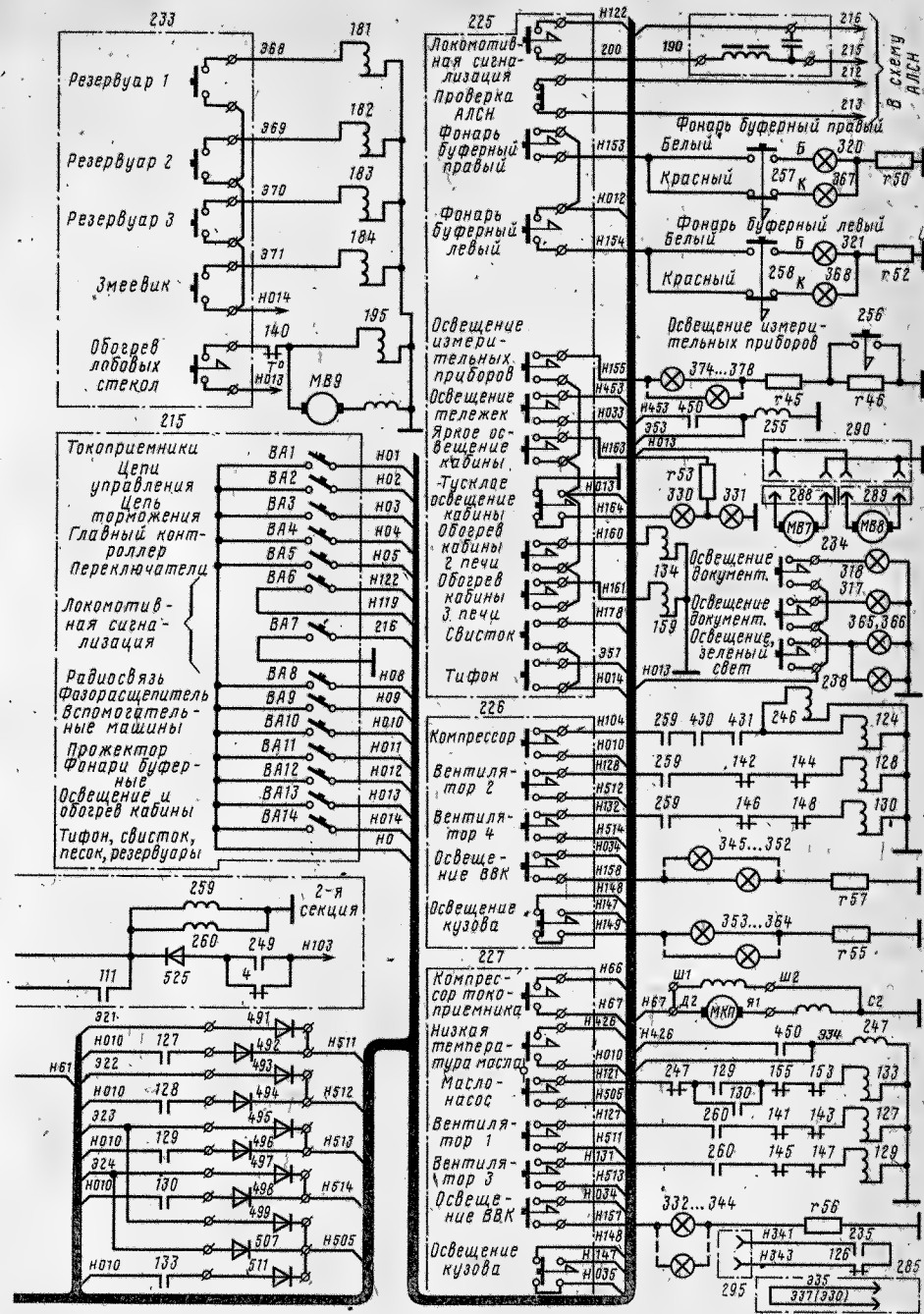


Рис. 291. Схема управления цепями высшего напряжения



и вспомогательными цепями электровоза ВЛ80

катушка контактора 125 по той же цепи (в нее входят еще контакты тепловых реле 139 и 137).

Включение контакторов 119 и 125 приводит к запуску расцепителя фаз. При достижении расцепителем фаз частоты вращения, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов 249, размыкающие контакты его разрывают цепь катушки контактора 119, вызывая этим отключение контактора и пускового резистора расцепителя фаз. Одновременно получают питание катушки промежуточных реле 259 и 260 по проводу Э9 через панель диодов 505, контакты ПР и 111, замыкающие контакты реле оборотов 249, панель диодов 525. Включение этих реле вызывает замыкание их соответствующих контактов в цепях катушек контакторов вспомогательных машин. Последние могут включиться после того, как расцепитель фаз достигнет частоты вращения, близкой к синхронной.

При замыкании одного из замыкающих контактов промежуточного реле 259 создается цепь питания катушки контактора 125 от кнопки *Вспомогательные машины* по проводу Э18 при отпущенной кнопке *Фазорасцепитель*. Одновременно аналогично описанному происходит запуск расцепителей фаз на 2-й секции, а также на втором электровазоне при работе по системе многих единиц. Питание цепей управления расцепителями фаз производится по межсекционным и межэлектровазным проводам Э9 и Э18.

Следует иметь в виду, что кнопку *Фазорасцепитель*, нажав, нельзя отпускать ее до тех пор, пока не сработают реле оборотов 249 на всех секциях.

Если на одной из секций отключен расцепитель фаз и вспомогательные машины работают по схеме резервирования от расцепителя фаз другой секции, то катушки промежуточных реле 259 и 260, разрешающих работу вспомогательных машин, получают питание по следующей цепи: провод Н103, замыкающий контакт реле оборотов 249, панель диодов 525, провод Э25, межсекционное соединение, провод Э26, замыкающие контакты, переключателя 111 на 2-й секции.

Цепи управления двигателями компрессоров. Напряжение 50 В к кнопкам вспомогательных машин подводится от РЩ по проводу Н0 через автоматический выключатель ВА10 (см. рис. 291) и далее по проводу Н010. При включении кнопки *Компрессоры* на КУ 224 получает питание катушка промежуточного реле 430 по цепи: провод Н102, размыкающий контакт регулятора давления 230. При этом замыкается контакт 430 в цепи катушки контактора 124.

Для того чтобы запустить двигатели компрессоров, необходимо нажать кнопку с самовозвратом *Включение ГВ и возврат реле* на КУ 223. При этом срабатывает реле 431, катушка которого получает питание по цепи: контакты кнопки *Включение ГВ и возврат реле*, провод Э14, панель диодов 506, контакты тепловых реле 154 и 156. Затем к катушке этого реле напряжение подводится по цепи: контакты кнопки *Токоприемники* на КУ 223 по проводу Э15, через собственный замыкающий контакт. Одновременно замыкается цепь питания катушки контактора 124 по цепи: провод Н010, контакты кнопки *Компрессор* на КУ 226, провод Н104, замыкающие контакты реле 259, 430 и 431. При этом происходит пуск двигателя компрессора.

Одновременно подводится напряжение к катушкам контакторов 124 во всех секциях двух электровазнов, работающих по системе многих единиц, по проводам Э14, Э15 и Э20 через межсекционные и межэлектровазные соединения.

При отключении контактов регулятора давления 230 теряют питание катушки промежуточных реле 430 и соответственно катушки контакторов 124, однако в остальном цепь питания катушки контактора 124 сохраняется, так как реле 259 и 431 остаются включенными. Когда контакты регулятора давления 230 снова замкнутся, получит питание катушка контактора 124, что обеспечивает автоматическое включение двигателя компрессора при срабатывании регулятора давления. Если же сработают тепловые реле 154 и 156, разорвется цепь питания катушки реле 431, разомкнутся его контакты в цепи катушки контактора 124 и он выключится.

Для того чтобы контактор 124 снова включился, необходимо нажать кнопку *Включение ГВ и возврат реле* на КУ 223 и подать напряжение на катушку реле 431 по проводу Э14 через панель диодов 506 и контакты тепловых реле 154 и 156. Катушка разгрузочного клапана 246 включена параллельно катушке контактора 124. Это позволяет после восстановления тепловых реле 154 и 156 включать разгрузочному клапану 246 одновременно с контактором 124, что облегчает запуск компрессора.

В процессе выпуска электровазнов ВЛ80^с, для повышения надежности цепей питания катушек ГВ и функционального объединения цепей управления вспомогательными машинами изменена схема питания промежуточного реле 431, включающего двигатель компрессора при пуске, а также после срабатывания тепловых реле. Это изменение сводится к тому, что в цепи катушки реле 431 питающий провод Э15 заменен на Э18 и, соответственно, Э14 на Э9. Чтобы включить двигатель компрессора нужно нажать кнопку *«Фазорасцепитель»*. Катушка реле 431 получит питание от провода Э9 через диодную панель 506 и контакты тепловых реле 154 и 156, после чего катушка реле 431 будет получать питание от провода Э18 через собственные контакты.

Цепи управления двигателями вентиляторов и насоса трансформатора. Включают эти двигатели, нажимая соответствующую кнопку с самовозвратом на КУ 224.

При нажатии кнопки *Вентилятор 1* получает питание катушка контактора 127 по следующей цепи: провод Н010, контакты кнопки *Вентилятор 1* на КУ 224, провод Э21, панель диодов 491, провод Н511, контакты кнопки *Вентилятор 1* на КУ 227, провод Н127, контакты реле 260, тепловых реле 141 и 143. Когда кнопку с самовозвратом *Вентилятор 1*, на КУ 224 отпускают, снимается напряжение с провода Э21 и питание на катушку контактора 127 подается по проводу Н010 через собственные замыкающие блок-контакты, панель диодов 492 и далее по проводу Н511. Аналогично получает питание катушка контактора 128 при нажатии кнопки с самовозвратом *Вентилятор 2* на КУ 224.

При нажатии кнопки *Вентилятор 3* напряжение подводится к катушке контактора 129 по цепи: провод Э23, панель диодов 495, провод Н513, контакты кнопки *Вентилятор 3* на КУ 227, провод Н131, контакты реле 260, контакты тепловых реле 145 и 147.

Одновременно по проводу 323 получает питание катушка контактора 133 через панель диодов 499, провод Н505, контакты кнопки Маслонасос на КУ 227, провод Н121, контакты реле 247, замыкающие блок-контакты контакторов 129 (или 130), контакты тепловых реле 155 и 153. Таким образом, двигатель насоса может включиться только после того, как будет включен двигатель вентилятора, охлаждающего радиаторы трансформатора, а также если не имеет питания катушка промежуточного реле 247. Реле 247 срабатывает при включении кнопки Низкая температура масла на КУ 227 и исключает возможность включения контактора 133 маслоснасоса как на ведущем, так и на ведомом электровозе при работе по системе многих единиц.

Реле 450, контакты которого замыкают цепь питания катушки реле 247, включается только в той секции, с которой ведется управление, так как катушка реле 250 получает питание по проводу Н1 при включенной кнопке Цепи управления на КУ 223 и включенном устройстве блокирования тормозов 213.

Аналогично осуществляется питание катушки контактора 130 и катушки контактора 133 при нажатии кнопки с самовозвратом Вентилятор 4 на КУ 224.

В случае если срабатывают тепловые реле в цепи одной из вспомогательных машин и при этом разорвется цепь питания катушки соответствующего контактора, для того, чтобы его снова включить после восстановления тепловых реле, следует нажать определенную кнопку с самовозвратом на КУ 224. При этом цепи управления будут работать в последовательности, изложенной выше.

Аналогично включаются расщепитель фаз и все вспомогательные машины после проезда нейтральной вставки.

§ 104. Управление вспомогательными цепями электровоза ЧС4

Цепи управления электродвигателями вентиляторов. Катушки контакторов 221 и 224 (рис. 292), включающих двигатели 239 и 244 (см. рис. 277) вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, соединены параллельно и получают питание на 2-й позиции переключателя ступеней 015_{II} по проводу 823 через контакты выключателя 405 (защитный выключатель всех цепей управления вспомогательными машинами и отоплением поезда), контакты 406 контактора управления вспомогательными машинами, выключатель 408 (общий для цепей управления вентиляторами), контакты 015_{II} переключателя ступеней (замкнуты со 2-й позиции ПС). Катушка контактора 406 получает питание через замыкающие контакты реле 851_с защитного блока 850 при подаче напряжения на тяговый трансформатор. Аналогично, но с 1-й позиции переключателя ступеней через его контакты, замкнутые начиная с 1-й позиции, автоматически получают питание катушки контакторов 222, 225, включающих остальные шесть двигателей вентиляторов электровоза.

Выключателем 414 (415) можно включить двигатели вентиляторов и на нулевой позиции переключателя ступеней 015_{II}. При установке выключателя 414 (415) в положение Вентиляторы тяго-

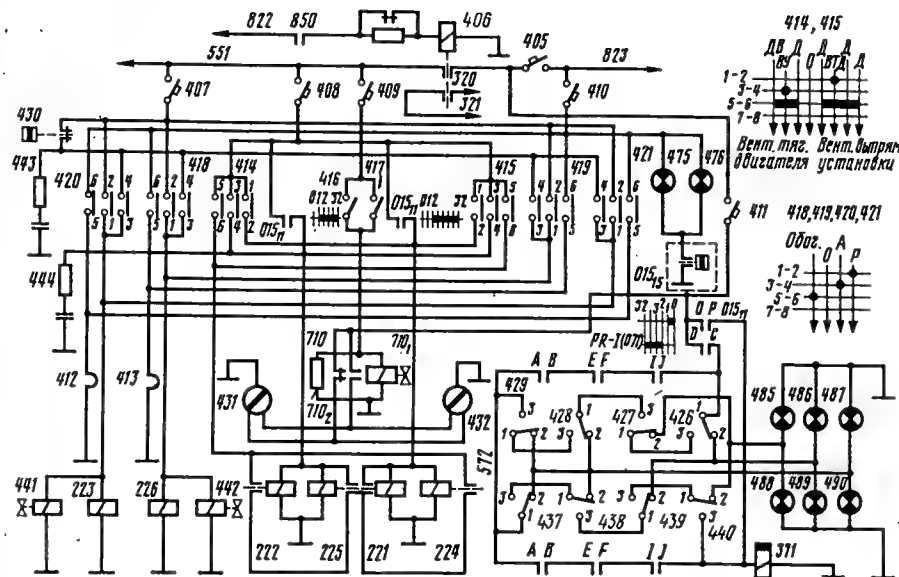


Рис. 292. Схема управления вспомогательными цепями электровоза ЧС4

вых двигателей через контакты 1—2 подается питание на катушки контакторов 221 и 224. После их включения цепь питания катушек дополнительно создается через блок-контакты этих контакторов и контакты 5—6 выключателя 414 (415). Это позволяет перевести выключатель в положение Д (длительный режим), при котором контакты 1—2 разомкнуты.

Включение двигателей вентиляторов охлаждения выпрямительной установки и сглаживающих реакторов производится аналогично. При постановке выключателей 414 (415) в положение Вентиляторы выпрямительной установки контакты 3—4 замыкают цепь питания катушек контакторов 222 и 225, а когда контакторы включаются, создается вторая цепь питания их катушек через блок-контакты 222, 225 и контакты 5—6 выключателя. Для запуска всех вентиляторов необходимо выключатель 414 (415) сначала поставить в положение Вентиляторы выпрямительной установки, затем в положение Вентиляторы тяговых двигателей, но не передвигая их через нуль. После этого можно поставить выключатель в положение Д (длительный режим).

Контроль за работой вентиляторов осуществляется с помощью воздухоструйных реле 426—429 и 437—440 (по одному на каждый вентилятор). В случае прекращения работы одного из вентиляторов контакты 1—3 его воздухоструйного реле размыкаются, разрывая цепь катушки реле времени 371, контакты 1—2 замыкают цепь сигнальных ламп 485—487 (488—490). Реле времени 371 через 5—9 с выключит главный выключатель электровоза, воздействуя на реле 375 главного выключателя (см. рис. 286).

Если вследствие неисправности вентиляции отключается группа тяговых двигателей, то контакты воздухоструйных реле в цепи

УПРАВЛЕНИЕ СИЛОВЫМИ ЦЕПЯМИ И ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ

§ 105. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ60^к

Управление силовой цепью электровоза ВЛ60^к, как и на электровозе ВЛ80^т, в основном сводится к управлению серводвигателем привода группового переключателя ступеней ЭКГ-8 с помощью контроллера машиниста. Электровоз может работать по системе многих единиц. В этом случае синхронная работа переключателей ступеней электровозов, а также отключение при необходимости цепей управления ведущего или ведомого электровоза без разъема межэлектровозных соединений обеспечиваются с помощью переключателя режимов *ПР*. Рукоятка переключателя режимов имеет четыре положения: *Самостоятельная езда*, *Система 1*, *Система 2*, *Отключен 1-й электровоз*. При одиночной работе электровоза переключатель режимов устанавливают в положение *Самостоятельная езда*.

Нулевое положение главной рукоятки контроллера машиниста. Нормально на неработающем электровозе реверсивная и главная рукоятки контроллера машиниста должны находиться в нулевом положении, а переключатель режимов — в положении *Самостоятельная езда*. При включении выключателя управления ВУ1 (или ВУ2) от провода Н83 через предохранитель, установленный на распределительном щите, получает напряжение провод Н49 (рис. 294), подводящий питание к цепям серводвигателя СМ, и подготавливаются к работе цепи управления тяговыми двигателями. Включив кнопку *Цепь управления* на КУ 223 или 224, при замкнутой блокировке тормозов 213, 214 подают напряжение на провод Э1.

Если вал ЭКГ находится в промежутке между позициями, то получит питание катушка контактора 208 по цепи: провод Э1, блок-контакты ГП1—32, ГП-ПР, контакты ПР0—2, ПР0, катушка контактора 208. При этом ЭКГ дойдет до очередной позиции, когда блок-контакты ГП-ПР разомкнутся. Затем реверсивную рукоятку установить в положение ПП—замкнутся два контакторных элемента. Один из них по проводу Н1 (Н2) подает питание на контакторные элементы главного вала контроллера машиниста. Если групповой переключатель ступеней находился не на нулевой позиции, то произойдет сброс его на нулевую позицию. Катушка контактора 208 получит питание по следующей цепи: провод Н1 (Н2), контакторные элементы контроллера КМ1 в проводах Э11 и Н311, контакторный элемент контроллера КМ2, контакты реле 263, блок-контакты ГПП1—33, которые контролируют сброс до нулевой позиции ЭКГ, блок-контакты контактора 206, контролирующего вращение серводвигателя в сторону сброса позиций, контакты переключателя режимов ПР0—2 и ПР0. Между позициями П1 и 0 катушка контактора 208 питается по проводу Э1 через блок-контакты ГП-ПР. Так переключатель ЭКГ дойдет до нулевой позиции.

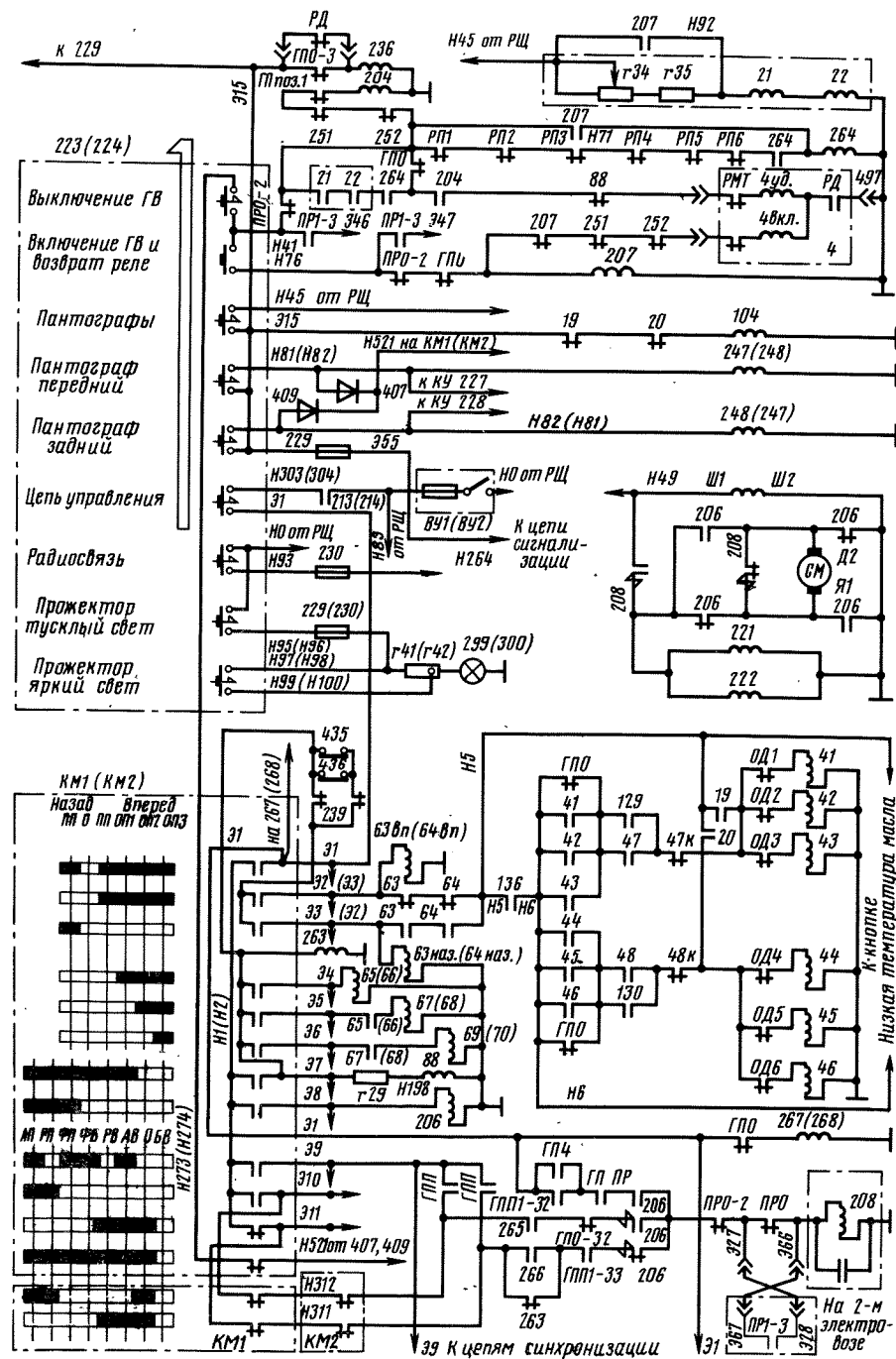


Рис. 294. Схема управления силовой цепью электровоза ВЛ60^к

Цепи питания катушек линейных контакторов 41—46. Если установить главную рукоятку КМ в одно из положений (кроме нулевого и БВ), то по проводу Э7 при включенной локомотивной сигнализации (замкнуты контакты 435 или 436 ключа ЭПК кабины, из которой ведется управление, и реле 239 не возбуждено) подводится напряжение к катушкам вентилей реверсора 63вп (64вп) или 63наз (64наз). Реверсоры переходят в положение *Вперед* или *Назад* (в зависимости от положения реверсивной рукоятки). Замыкаются их блок-контакты, и по проводу Н5 через блок-контакты контактора 136 получают питание электропневматические вентили контакторов 41—46 по двум параллельным цепям: блок-контакты ГПО (контролируют включение контакторов только на нулевой позиции ЭКГ), блок-контакты контакторов 129, 130, которые включают мотор-вентиляторы, блок-контакты конечного положения переключателей вентилей 47к, 48к (контролируют поворот вала переключателя вентилей в конечное положение как в нормальном режиме, так и в аварийном), блок-контакты отключателей двигателей ОД1—ОД6 (замкнуты при включенных отключателях).

Контакторы 41—46 включаются и остаются включенными на позициях ЭКГ выше нулевой, так как катушки их получают питание через собственные блок-контакты 41—46. Контакты реле 239 при срабатывании автостопа ЭПК разрывают цепь питания катушек линейных контакторов и тем самым обеспечивают прекращение тяги.

Таким образом, линейные контакторы могут быть включены только на нулевой позиции ЭКГ и в дальнейшем остаются включенными, если работают мотор-насос охлаждения трансформатора, мотор-вентиляторы, охлаждающие выпрямительные установки, включены переключатели вентилей и отключатели двигателей. Блок-контакты контактора 136 могут быть шунтированы кнопкой *Низкая температура масла* на кнопочном выключателе 228 (см. рис. 287).

Положения ФВ, ФП. В положениях ФВ и ФП (рис. 294, 295) получают питание реле 265, 266 по следующей цепи: провод Н1 (Н2), контакторный элемент КМ, провод Э9 и далее по цепи синхронизации, описанной ниже. Реле 265 и 266 осуществляют синхронизацию работы групповых переключателей в процессе набора или сброса позиций при работе электровозов по системе многих единиц, а также подготавливают цепь набора (сброса) одной позиции.

При переводе рукоятки КМ в положение ФП или ФВ происходит фиксация позиции группового переключателя, так как теряет питание катушка контактора 208 и серводвигатель находится в режиме динамического торможения. В положении ФП включен контактор 206, который своими блок-контактами подготавливает цепь серводвигателя, обеспечивающую вращение его в сторону набора позиций. В положении ФВ контактор 206 выключен и вращение серводвигателя возможно только в сторону сброса позиций.

Ручной набор позиций. Для набора одной позиции следует рукоятку КМ вначале установить в положении ФП, а затем — в положение РП. На катушки реле 265 и 266 напряжение подается по проводу Э9, реле включаются и остаются включенными, получая питание по проводу Э1 через блок-контакты ГПноз.2 и собственные замыкающие контакты (см. рис. 295). Контактор 206 при этом включен.

Катушка контактора 208 получает питание по цепи: контакторные элементы КМ1 с проводами Н1 (Н2), Э10, Н312, контакторный элемент КМ2 с проводом Н312, контакты 265, блок-контакты ГПО—32, 206, ПРО—2, ПРО. Серводвигатель начинает вращаться в сторону набора позиций. Размыкаются контакты ГПноз.2 (замкнуты только на фиксированных позициях), и катушки промежуточных реле 265, 266 теряют питание. Отключившись, реле 265 своим контактом разорвет цепь питания катушки контактора 208 от провода Н312, но она будет продолжать получать питание от провода Э1 через блок-контакты ГП-ПР. Затем блок-контакты ГП-ПР разомкнутся и вал ЭКГ остановится на позиции. При отключении контактора 208 его размыкающие контакты выключают якорь серводвигателя, а замыкающие контакты шунтируют якорь, что обеспечивает электродинамическое торможение серводвигателя.

Проход промежуточных позиций П1—П5 без остановки серводвигателя обеспечивается тем, что блок-контакты ГПП замкнуты на этих позициях. Для набора еще одной позиции необходимо рукоятку контроллера поставить в положение ФП, а затем вернуть в положение РП.

При замыкании контактов 208 по проводу Н49 напряжение подается на катушку электропневматических вентилей 221 (222) воздушного дутья контакторов ЭКГ с дугогашением. Пуск электровоза заканчивается на 33-й позиции ЭКГ, на которой блокировка ГПО—32 (разомкнута на 33-й позиции) разрывает цепь питания катушки контактора 208.

Автоматический набор позиций. Для автоматического набора позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение АП. При этом катушки реле 265, 266 будут получать постоянно питание от провода Э9, а катушка 208 — от провода Н312 в течение всего пуска. Происходит безостановочное вращение серводвигателя в сторону набора до 33-й позиции.

Ручной сброс позиций. Для сброса одной позиции необходимо рукоятку контроллера перевести вначале в положение ФВ, а затем в положение РВ. При этом теряет питание провод Э8, контактор 206 отключается, в результате чего происходит реверсирование серводвигателя: он начинает вращаться в сторону, соответствующую сбросу позиций. Катушка контактора 208 получает питание по цепи: провод Э11, контакторные элементы в цепи проводов Н311 (КМ1), Н311 (КМ2), контакты реле 266, блок-контакты ГПП1—33, контакты 206, ПРО—2, ПРО.

Операции по переключениям реле 266 и контактора 208 аналогичны операциям при ручном наборе позиций; переключатель ступеней переходит на одну позицию в сторону сброса (уменьшения) позиций. Для сброса еще одной позиции главную рукоятку контроллера машиниста устанавливают в положение ФВ (по проводу Э9 реле напряжение подается на катушку 266) и возвращают в положение РВ.

При движении группового переключателя ЭКГ с 1-й на нулевую позицию блокировка ГПП1—33 (разомкнута на нулевой позиции) разрывает цепь питания катушки контактора 208. Когда вал переключателя ступеней достигнет нулевой позиции, прекращается питание катушки контактора 208 от провода Э1 через блокировки ГП-ПР, и вал ЭКГ фиксируется на нулевой позиции.

Автоматический сброс позиций. Для автоматического сброса позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение АВ. В этом случае катушки реле 265, 266 получают постоянное питание по проводу Э9, а катушка контактора 208—от провода Н311 в течение всего времени сброса. Происходит безостановочное вращение серводвигателя в сторону сброса до нулевой позиции.

Ослабление возбуждения тяговых двигателей. Переход на ослабленное возбуждение тяговых двигателей осуществляют, передвигая реверсивную рукоятку последовательно в положения ОП1, ОП2, ОП3. В каждом положении реверсивной рукоятки происходит включение определенной группы контакторов ослабления возбуждения 65—82, подсоединяющих резисторы параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей.

Цепи синхронизации. Синхронная работа групповых переключателей ступеней при движении электровозов по системе многих единиц осуществляется с помощью переключателя режимов и блокировок синхронизации ЭКГ (рис. 295).

Переключатель режимов на первом (ведущем) электровозе устанавливают в положение Система 1, на втором (ведомом)—в положение Система 2. При этом на первом электровозе замыкаются блок-контакты ПР1 в цепях синхронизации (провода Э9—Н26 и Э9—Н25 на рис. 295) и ПР0-2, ПР1, 3 в цепи катушки контактора 208 (см. рис. 294), а на втором ПР2—в цепях синхронизации (провода Э29—Н25, Э30—Н26 на рис. 295) и ПР0-2, ПР1, 3 в цепи катушки контактора 208 (см. рис. 294).

Блок-контакты синхронизации ГП1, ГП2, ГП3 группового переключателя ступеней находятся на валу, который делает один оборот при повороте вала силовых контакторов на три позиции. Например, блок-контакт ГП2 замкнут на нулевой, 2, 5-й позициях и т. д.; ГП3—на позициях П1, 3, 6-й и т. д.; ГП1—на позициях 1, 4, 7-й и т. д.

Промежуточные реле 265 (см. рис. 295) обоих электровозов контролируют синхронный набор, а реле 266—синхронный сброс позиций. Набор позиций осуществляют контроллером машиниста ведущего электровоза. При постановке рукоятки контроллера машиниста в положение ФП (или ФВ), когда оба ЭКГ находятся на одной и той же позиции, например нулевой, одновременно включаются реле 265 и 266 обоих электровозов, получая питание по следующим цепям:

первая цепь: провод Э9, блок-контакт ПР1, провод Н26, блок-контакт ГП1, провод Э33 второго электровоза, блок-контакт ГП1 второго электровоза, провод Н26, блок-контакт ПР2, провод Э30, выпрямитель 188, катушка реле 266. Провод Э30 перекрещивается с проводом Э29 в межэлектровозном соединении, и через выпрямитель 187 подводится напряжение к катушке реле 265 первого электровоза. После возбуждения реле их катушки получают питание от провода Э1 через блок-контакты ГПноз.2 и собственные контакты;

вторая цепь: провод Э9, блок-контакт ПР1, провод Н25, блок-контакт ГП1, провод Э32 второго электровоза, блок-контакт ГП1 второго электровоза, провод Н25, блок-контакт ПР2, провод Э29, выпрямитель 187, катушка реле 265 второго электро-

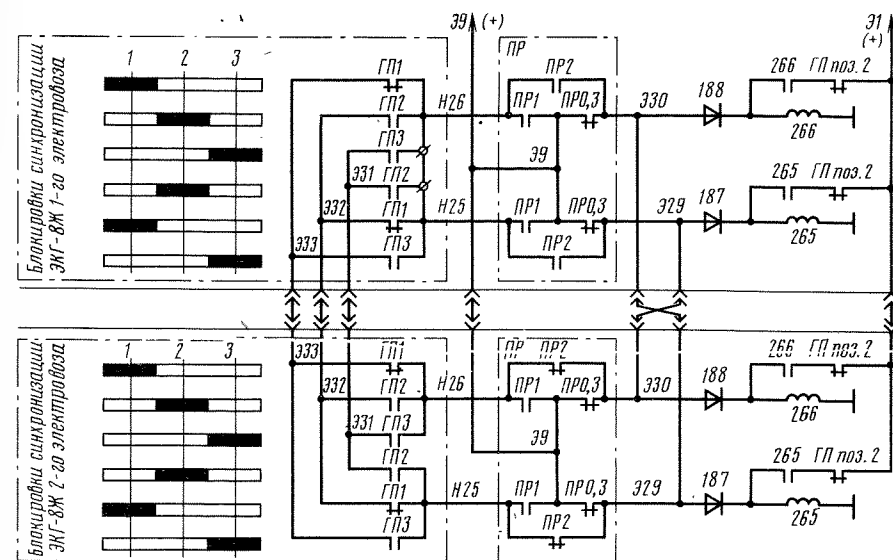


Рис. 295. Схема цепи синхронизации ЭКГ электровозов ВЛ60^к

за. Провод Э29 перекрещивается в межэлектровозном соединении с проводом Э30, и через выпрямитель 188 получает питание катушка реле 266 первого электровоза. После возбуждения реле их катушки получают питание по проводу Э1 через блок-контакты ГПноз.2 и собственные контакты.

Следовательно, при нахождении обоих валов ЭКГ на одной и той же позиции контакты реле 265, 266 в цепи контактора 208 разрешают набор и сброс позиций на обоих электровозах. Однако иногда возможно рассогласование переключателей на одну позицию. В этом случае на электровозе, где вал ЭКГ опережает, включается только реле 266, разрешающее сброс позиций, а на электровозе, где вал ЭКГ отстает,—только реле 265, разрешающее набор позиций. При дальнейшем наборе или сбросе позиций валы ЭКГ сходятся к одной и той же позиции и продолжается их синхронная работа. Рассогласование валов ЭКГ на одну позицию при исправных цепях возможно в случае быстрого перевода главной рукоятки КМ. Поэтому рекомендуется переводить главную рукоятку, задерживая ее в положениях РП, РВ.

Если необходимо отключить ведущий электровоз, рукоятку его переключателя режимов устанавливают в положение Отключен 1-й электровоз. Переключатель режимов ведомого электровоза стоит по-прежнему в положении Система 2. При этом на ведущем электровозе размыкается блокировка ПР0, 2 в цепи катушки 208 (см. рис. 294). Блокировки ПР0, 3 и ПР1, 3 остаются замкнутыми.

При установке рукоятки контроллера ведущего электровоза в положение ФП по проводу Э9 и через блокировки ПР0, 3 напряжение подается в межэлектровозные провода Э29, Э30 (см. рис. 295). На ведомом электровозе включаются реле 265, 266 и замыкаются их

Для исключения возможности случайной подпитки катушки контактора 208 одного из электровозов при работе по системе многих единиц в цепи управления набором и сбросом позиций ЭКГ введены разделительные диоды (до электровоза ВЛ60^к-2244). На последующих электровозах вместо разделительных диодов установлено по два дополнительных контакторных элемента контроллера машиниста КМ1 (в проводах Н312—Э10, Н311—Э11) и КМ2 (в проводах Н312, Н311). Например, если на ведущем электровозе при наборе позиций ЭКГ находится на промежуточной позиции, а на ведомом — на фиксированной (вследствие неодинаковой частоты вращения серводвигателей), то при быстром переводе главной рукоятки контроллера ведущего электровоза из положения РП в положение ФП подпитка от провода Э1 через блокировки ГПир. на ведомый электровоз исключается, так как цепь будет разорвана контакторным элементом КМ1 (в проводах Н312—Э10) ведущего электровоза (разомкнут в положении ФП).

Переключатель 47 включает в нормальном положении и отключает в аварийном выпрямительную установку 61, а переключатель 48 — выпрямительную установку 62 (см. рис. 255).

При переходе ЭКГ с нулевой позиции катушки 47 норм. и 48 норм. получают питание от провода Э1 через контакты реле 267, 268 и собственные блок-контакты. Если необходимо отключить выпрямительную установку, например 61, надо прежде всего установить ЭКГ в нулевое положение, затем отключить кнопку *Отключение ВУ1*. При этом получает питание катушка 47 авар. и переключатель вентилей устанавливается в аварийное положение.

Цепи сигнализации. Сигнальные лампы расположены на сигнальной панели пульта машиниста. Лампы световой сигнализации получают питание от кнопки *Пантографы* (см. рис. 294) на кнопочном выключателе 223 через предохранитель 229, установленный на панели выключателя, по проводу 955 (рис. 297). Сигнальные лампы ВУ1, ВУ2, ТР, ТД, 0, ХП по две установлены на сигнальной панели пульта. Лампы расположены в два ряда. Лампы верхнего ряда сигнализируют о положении оборудования ведущего электровоза,

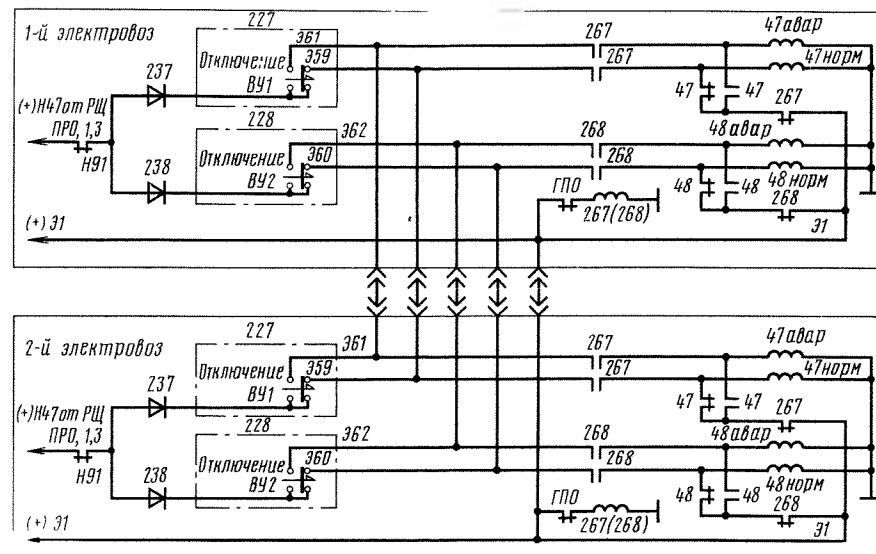


Рис. 296. Схема цепей управления переключателями вентилей

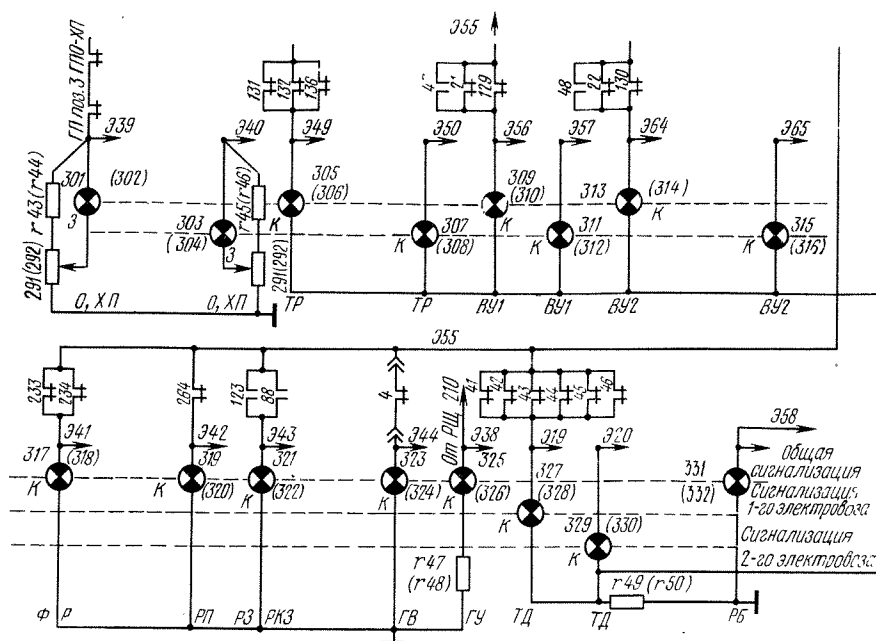


Рис. 297. Цепи сигнализации электровоза ВЛ60^к

нижнего — о положении аналогичного оборудования ведомого электровагона при работе электровагонов по системе многих единиц.

Загорание красной сигнальной лампы ВУ1 или ВУ2 свидетельствует о срабатывании защиты от короткого замыкания в цепи тяговых двигателей, об отключении выпрямительной установки переключателем вентилей, об отключении контакторов вентиляторов выпрямительных установок и тяговых двигателей I, II, V, VI.

Красная сигнальная лампа ТР, загораясь, сигнализирует об отключении контакторов вентиляторов системы охлаждения тяговых двигателей III и IV, сглаживающих реакторов, индуктивных шунтов и тягового трансформатора, а также об отключении контактора мотор-насоса охлаждения трансформатора. Загорание красной лампы ТД сигнализирует об отключении линейного контактора одного из тяговых двигателей, а зеленой сигнальной лампы О, ХП — о нахождении группового переключателя на нулевой или ходовой позиции.

Кроме указанных ламп, на сигнальной панели пульт машиниста размещены красные лампы ФР, РП, РЗ, ГВ, ГУ и белая РБ. Сигнальная лампа ФР, загораясь, свидетельствует об отключении расцепителей фаз, лампа РП — о срабатывании реле перегрузки в цепях тяговых двигателей, лампа РЗ — о срабатывании реле заземления в силовых цепях 88 или во вспомогательных цепях 123. Загорание лампы ГВ свидетельствует об отключении главного выключателя, красной лампы ГУ — об отключении контактора 135, а белой сигнальной лампы РБ — о боксовании колесных пар электровагона и срабатывании при этом реле боксования.

Для того чтобы иметь на ведущем электровагоне сигнализацию о работе оборудования ведомого электровагона, провода Э39 и Э40, Э49 и Э50, Э56 и Э57, Э64 и Э65, Э19 и Э20 в межэлектровагонном соединении перекрещивают.

§ 106. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровагона ВЛ80^к

Цепи управления силовой цепью электровагона ВЛ80^к во многом идентичны аналогичным цепям электровагона ВЛ80^т в тяговом режиме (см. § 85). Отличие заключается лишь в том, что на электровагоне ВЛ80^к нет реостатного торможения и поэтому отсутствует все электрооборудование, необходимое для этого. Отсутствие аппаратов и блок-контактов, связанных с применением реостатного торможения, делает схему управления силовой цепью электровагона ВЛ80^к более простой.

Цепи питания катушек линейных контакторов 51—54. При постановке главной рукоятки КМЭ в одно из фиксированных положений (кроме нулевого) происходит следующее (рис. 298): получают питание катушки вентиля реверсоров 63вп, 64вп (или 63наз, 64наз) по проводу Э7 через контакты ключа ЭПК и реле 267. Эти контакты замкнуты в том случае, если выполнена зарядка клапана ЭПК и ключ повернут в исходное положение. Реверсоры переходят в положение Вперед или Назад в зависимости от положения реверсивной рукоятки, замыкаются блок-контакты реверсоров и возбуждается катушка вентиля нагрузочного устройства 262 или 263; через

резистор r_9 получает питание удерживающая катушка реле заземления 88.

Катушки электропневматических контакторов 51—54 получают питание от провода Н5 через замыкающий блок-контакт 133 контактора мотор-насоса охлаждения по двум параллельным цепям: блок-контакты контактора 129 (или 130), разъединителей вентилей 81 и 83 (или 82, 84), блок-контакты ГПО (контролируют включение линейных контакторов только на нулевой позиции ЭКГ) и отключателей двигателей ОД1—ОД4. Контакторы 51—54 включаются и остаются включенными на позициях группового переключателя выше нулевой, так как катушки их после включения получают питание через собственные блок-контакты 51 и 52 (или 53 и 54) по описанным выше цепям.

Контакторы 51—54 включаются, если включены мотор-насос охлаждения трансформатора, мотор-вентиляторы, охлаждающие выпрямительные установки, разъединители вентилей 81—84, отключатели двигателей ОД1—ОД4. Чтобы исключить паразитные цепи, для каждой группы катушек контакторов 51, 52 и 53, 54 устанавливают отдельный блок-контакт ГПО.

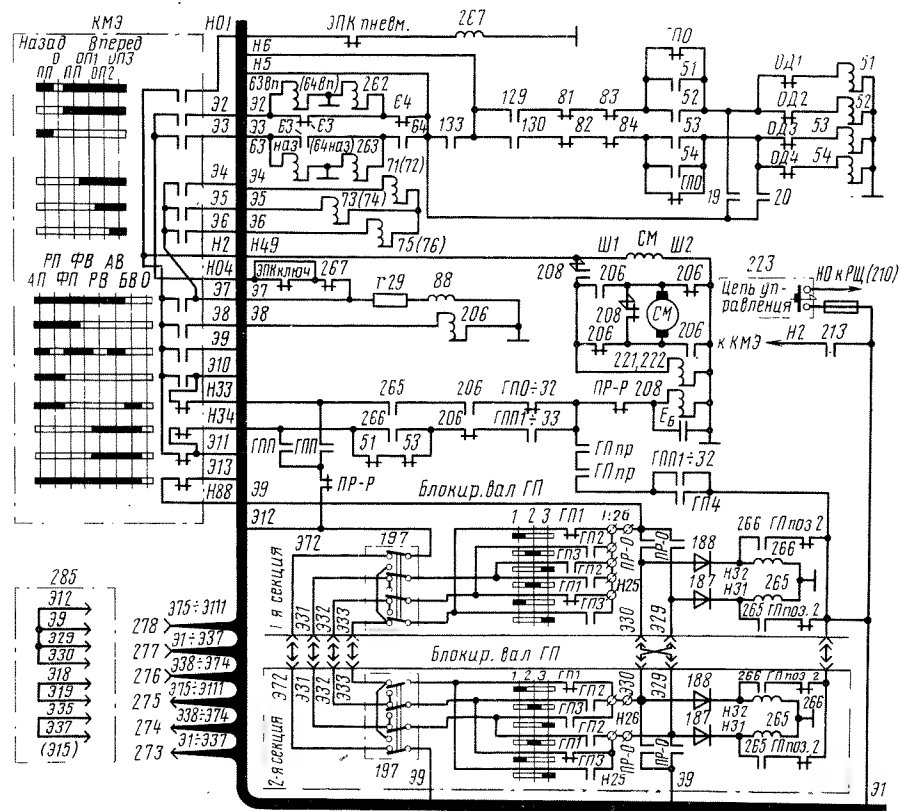


Рис. 298. Схема управления силовой цепью электровагона ВЛ80^к

Цепи сигнализации. Лампы сигнализации о состоянии оборудования расположены на панели пульта машиниста. Питание лампы получают от кнопки *Сигнализация* на выключателе 224 (рис. 288) по проводу *H170* через предохранитель 225 (рис. 299).

лампы замыкается блок-контактом 4 главного выключателя); красной лампы ВУ—о срабатывании защиты ВУ от коротких замыканий или защиты от пробоя вентилей; красной лампы ОВУ—об отключении контакторов 129—130 вентиляторов выпрямительных установок (цепь лампы замыкается блок-контактами этих контакторов); красной лампы В—об отключении контакторов 127, 128 вентиляторов охлаждения тяговых двигателей; зеленых ламп 0, XII—о нахождении главного переключателя соответственно на нулевой или на ходовой позиции (цепь лампы замыкается контактами ГПО, XII группового переключателя).

338 4

339 88

340 21

341 22

342 51

343 52

344 53

345 54

346 127

347 128

348 129

349 350 351 352

353 354 355 356

357 358 359

360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000

402

Если горит сигнальная лампа ΦP , разрешается включать кнопки вспомогательных машин. В цепях сигнальных ламп 311, 312, 314 (с зеленым стеклом) имеются регулировочные резисторы, которыми можно уменьшить или увеличить накал этих ламп.

Питание на контроллер машиниста подается по проводу *H2* (рис. 300) от распределительного щита *210* при включении автоматического выключателя *BA2* на блоке автоматов *215* (рис. 301), кнопки *Цепи управления* на выключателе *223* и установке съемной рукоятки блокировочного устройства тормозов *213* в рабочее положение, т. е. когда замкнется его замыкающий контакт между проводами *Э1—H2* (см. рис. 300). Блокировочное устройство *213* обеспечивает правильное включение тормозной системы двухкабинного локомотива.

Контактами контактора 192 подаётся напряжение с провода *Н1* на провод *Э1* для питания цепей управления.

В нулевом положении рукояток контроллера машиниста аппараты управления тяговыми двигателями отключены, за исключением реле 264. По проводу Э1 (рис. 301) получает питание катушка контактора 135 через контакты реле максимального напряжения РН и переключателя В на распределительном щите ШР.

Реле 264 получает питание, когда главная рукоятка находится в положении 0 или П0, а тормозная—в положении 0. Питание реле 264 осуществляется по цепи: провод Н2, контакты 19—20 главного и 57—58 тормозного валов контроллера, провод Э11 (см. рис. 300).

Реле 264, включившись, производит следующее: замыкающими контактами в проводах подготавливает цепь питания включающей катушки главного выключателя 4; замыкающими контактами подготавливает цепь питания удерживающих катушек быстродействующих выключателей 51, 52 и 53, 54; замыкающими контактами подготавливает цепь питания катушек контакторов 193, 194 (см. рис. 300).

реверсивных переключателей 63 и 64 для движения вперед или назад, провод *Н5*, блок-контакты контактора 133 (или кнопка *Низкая температура масла*), контакты реле 264, блокировки тормозных переключателей 49 и 50, блок-контакты переключателя БП, блок-контакты контактора 135 и далее по двум параллельным цепям — блок-контакты контакторов 127, 128 и блок-контакты переключателей 81 и 82.

Контакты 193, 194 включаются и в дальнейшем при передвижении главной рукоятки в положение *НР*, *П1* — *П4* (когда отключится реле 264) остаются включенными; к их катушкам напряжение подводится через собственные блок-контакты.

Шунтирование блок-контактов контакторов 193, 194 соответствующими блок-контактами переключателей 81, 82 необходимо для обеспечения питания катушки контактора 193 (или 194) при отключении переключателем 82 (или 81) соответствующего контактора 194 (или 193).

Контакты 193 и 194, включившись, производят следующее: силовыми контактами подают напряжение примерно 55 В на выходные усилители ВИП, обеспечивающих формирование импульсов управления тиристорами этих преобразователей (61 и 62); размыкающими блок-контактами разрывают цепь питания лампы *Т* (см. рис. 302), сигнализирующей об окончании подготовки схемы для работы в тяговом режиме.

Одновременно с включением контакторов 193 и 194 (см. рис. 300) напряжение подается на катушку реле времени 206, размыкающего свои контакты в цепях клапанов *Тяга* и *Торможение* блокировочного переключателя БП (см. рис. 301). Реле 206 имеет выдержку времени на замыкание контактов 1—1,5 с, что необходимо для того, чтобы переключать силовые цепи из тягового режима в режим рекуперации (и наоборот) только после того, как ток якоря тягового двигателя станет равным нулю.

Включением контакторов 193 и 194 подготовка схемы для работы заканчивается, и дальнейшее управление цепью тяговых двигателей осуществляется плавным перемещением главной рукоятки в положения *НР*, *П1* — *П4*, в результате чего происходит плавное изменение угла открытия тириستоров соответствующих плеч преобразователей 61 и 62.

В случае отключения по какой-либо причине контакторов 193 и 194 снимается питание с выходных усилителей импульсов ВИП. Включить повторно контакторы 193 и 194 можно, только установив главную рукоятку в положение *П0*.

В случае аварийного отключения какого-либо выпрямительно-инверторного преобразователя блок-контактами соответствующего переключателя 81, 82 отключаются контакторы 193, 194 и снимается питание с выходных усилителей импульсов.

Цепи управления в рекуперативном режиме. Для переключения цепей в рекуперативный режим необходимо при собранной схеме тягового режима (реверсивная рукоятка находится в положении *ПП*, а главная — в одном из положений *П1* — *П4*) установить тормозную рукоятку в положение *П* (см. рис. 300). При этом теряет питание катушка реле 217, в результате чего происходит отключение контакто-

ров 193, 194 и реле 206. Реле 206 с выдержкой времени 1—1,5 с замыкает свои контакты в цепи клапанов БП (*Тяга*) и БП (*Торможение*), подготавливая переключение блокировочного переключателя в положение *Торможение*.

Контакты 193 и 194, отключившись, производят следующее: разрывают цепь питания выходных усилителей импульсов ВИП 61 и 62 (что обеспечивает снятие импульсов с их тиристоры), включают сигнальную лампу *Т* на пульте машиниста и подают напряжение на катушку реле времени 205 по цепи: провод *Н2*, контакт 15—16 главного вала, контакт 53—54 тормозного вала, провод *Э9*, блок-контакты контакторов 193 и 194, катушка реле 205. Реле 205, включившись, размыкает своими контактами цепь питания реле 265.

Одновременно с возбуждением реле 205 по проводу *Э9* подается напряжение на катушку реле 266, которое своими размыкающими контактами отключает питание клапанов БП (*Тяга*), 49 (*Тяга*) и 50 (*Тяга*), а замыкающими подает напряжение на катушки клапанов БП (*Торможение*), 49 (*Торможение*), 50 (*Торможение*) блокировочного и тормозных переключателей. Происходит переключение в положение *Торможение* вначале блокировочного БП, а затем тормозных переключателей 49 и 50.

Блокировочный переключатель обеспечивает переключение цепей управления, а тормозные переключатели — силовых цепей в рекуперативный режим.

Блок-контакты переключателя 50 отключают сигнальную лампу *Т* (см. рис. 302), а блок-контакты 49 включают лампу *Р*, сигнализирующую о сборе цепей рекуперативного торможения.

Кроме этого, включением соответствующих контактов тормозного вала обеспечивается следующее:

получает питание катушка контактора 131 (мотор-вентилятора охлаждения стабилизирующих резисторов) по цепи: провод *Н0*, автоматический выключатель ВА3 блока автоматов 215 (см. рис. 301), провод *Н47*, контакт контактора 209, провод *Н98* (см. рис. 290), контакт 51—52 тормозного вала, провод *Э8*, контакты тепловых реле 149, 151.

Контактор 131, включившись, своими блок-контактами подготавливает цепь питания контакторов 46, 47 (см. рис. 300);

получает питание катушка реле 219 по цепи: провод *Н2*, контакт 65—66 тормозного вала, провод *Э10*. Реле 219, включившись, замыкает свои контакты в цепи питания контакторов 46, 47 и в цепи питания реле 265 и 218;

получают питание катушки контакторов 46, 47 по цепи: провод *Н2*, контакт 15—16 главного вала, контакт 53—54 тормозного вала, провод *Э9*, блок-контакт пневматического выключателя ПВУ2, контакты реле перегрузки РТВ2 (только на 1-й секции), реле 219, блок-контакты контактора 131, тормозного переключателя 49, автоматических выключателей 51—54, тормозного переключателя 50.

Контакты 46, 47 включаются и в дальнейшем при установке тормозной рукоятки в положение *Ручное торможение* (отключается реле 219) остаются включенными, получая питание через собственные блок-контакты и контакты реле 268.

Погасание лампы *Р* сигнализирует об окончании сбора схемы рекуперативного режима. Дальнейшее управление тяговыми двигате-

ристоров преобразователей 61,62 и выпрямительной установки возбуждения 60; цепь питания лампы замыкается блок-контактом тормозного переключателя 49 и контактом реле 265 при их отключении;

ФР—включены и работают расщепители фаз **ФР**; питание на лампу подается блок-контактом контактора 209 при его включении;

МК—отключен двигатель компрессора **МК1** при замкнутом контакте регулятора давления 230; цепь питания лампы замыкается блок-контактом контактора 124 при отключении его;

РБ—сработала защита от боксования (юза) или нажата кнопка **Песок**; питание на лампу подается контактами реле боксования 43, 44, реле юза **РЗЮ** панелей 15, 16 или нажатием кнопки **Песок** на КУ 228;

ТР—отключен мотор-насос трансформатора; цепь питания лампы замыкается блок-контактом контактора 133 при его отключении;

ЗБ—аккумуляторная батарея 200 включена на цепи управления (разряд); цепь питания лампы замыкается блок-контактом контактора **К** при его отключении в случае снятия напряжения 380 В с трансформатора ТРПШ;

ТМ—загорание сигнальной лампы при движении электровоза сигнализирует о нарушении целостности тормозной магистрали, последующее погасание ее—о торможении состава пневматическим тормозом; цепь питания лампы замыкается контактом **ДДР** пневмо-электрического датчика **ПД**;

ТД1—ТД4—отключен соответствующий тяговый двигатель **М1—М4**; питание на лампу подается соответствующим блок-контактом выключателя 51—54 при его отключении.

§ 108. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80^с

Основной особенностью, определяющей построение схемы управления силовой цепью электровоза ВЛ80^с, является возможность работы двух электровозов по системе многих единиц как в режиме тяги, так и в режиме реостатного торможения. Это потребовало изменить ряд узлов по сравнению со схемами электровозов ВЛ80^т, главным образом систему синхронизации ЭКГ, цепи сигнализации. Переключатель режимов выполнен с дистанционным управлением. Изменена развертка кулачковых шайб главного, тормозного и реверсивного валов контроллера машиниста, применены дополнительные аппараты.

Если на электровозе поднят токоприемник, включен главный выключатель, а также вспомогательные цепи, то для того, чтобы привести в действие цепи управления тяговыми двигателями, следует включить автоматические выключатели управления на блоке автоматов 215 (см. рис. 291) **ВА2**, **ВА3**, **ВА4**, **ВА5**, а также кнопку **Цепи управления** на КУ 223.

При этом в цепи управления тяговыми двигателями будет подано напряжение 50 В от распределительного щита по проводу **Н0** через соответствующие автоматические выключатели.

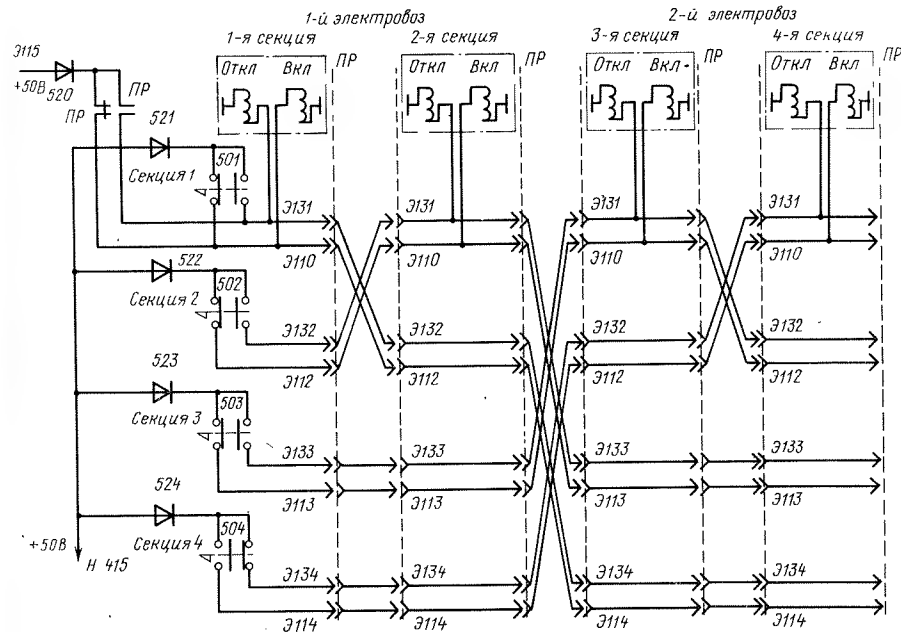


Рис. 303. Схема управления переключателями режимов электровоза ВЛ80^с (отключена 4-я секция)

Имеется в виду, что предварительно был включен автоматический выключатель **ВА36** на блоке автоматов 216 и включился контактор 160.

Рукоятка блокировочного устройства тормозов 213 устанавливается в рабочее положение, при этом замыкаются его контакты в цепи проводов **Э1** и **Н1** (см. рис. 291).

Переключатели режимов **ПР**, установленные на электровозах ВЛ80^с, предназначены для дистанционного отключения любой секции двух электровозов. Переключатели имеют два положения **Включено**—**Отключено** и две катушки **Вкл.** и **Откл.** (рис. 303). Питание цепей управления этих переключателей производится от РЩ через автоматический выключатель **ВА5** по проводу **Н05**. Переключение **ПР** можно осуществить только при рабочем положении реверсивной и нулевой главной рукояток контроллера машиниста с помощью тумблеров 501—504 (см. рис. 304). Нормально тумблеры 501—504 находятся в отключенном положении, что соответствует положению переключателей режимов **Включено**. Чтобы отключить секцию, включают соответствующий тумблер. Для отключения, например, переключателя **ПР** 4-й секции на 2-м электровозе (при работе двух электровозов по системе многих единиц) включают тумблер 504. При этом получает питание отключающая катушка **ПР** только 4-й секции по цепи: провод **Н05**, контакт 13—14 **КМЭ**, замкнутый в рабочем положении реверсивной рукоятки, провод **Н414**, контакт 65—66 контроллера **КМЭ**, замкнутый только при нулевом положении главной

рукоятки, провод *H415* (см. рис. 304), панель диодов *524*, замыкающий контакт тумблера *504*, провод *Э134* 1-й секции (см. рис. 303), провод *Э134* 2-й секции, провод *Э132* 3-й секции, провод *Э131* 4-й секции, катушка *Откл.* переключателя. Переключатель *ПР* 4-й секции занимает отключенное положение и отключает соответствующие цепи управления 4-й секции. Аналогично можно отключить *ПР* любой другой секции.

Для того чтобы включить *ПР* на любой из секций, нужно отключить соответствующий тумблер, в результате чего потеряет питание катушка *Откл.* и получит питание катушка *Вкл.* переключателя.

При переводе главной рукоятки КМЭ в рабочее положение катушки переключателей *ПР* получают питание по цепи: провод *H05*, контакт *13—14* контроллера КМЭ, провод *H414*, контакт *67—68* КМЭ, замкнутый в рабочих положениях главной рукоятки (кроме положений *0* и *БВ*), провод *Э115*, панель диодов *520*, размыкающий контакт *ПР*, провод *Э110*, катушка *Вкл.* (или замыкающий контакт *ПР*, провод *Э131*, катушка *Откл.*).

Нулевое положение главной рукоятки контроллера машиниста. Если групповые переключатели ступеней (ЭКГ) по какой-либо причине находятся не на нулевой позиции, то при включении автоматического выключателя *ВА4* на блоке автоматов *215* происходит включение контактора *208*, а следовательно, серводвигателя *СМ*, обеспечивающего сброс позиций ЭКГ до нулевой. К катушке контактора *208* при этом подводится напряжение от провода *H04* по двум параллельным цепям: первая цепь — через контакт *ПР*, размыкающие блок-контакты контакторов *51*, *53* и *194*, замыкающие блок-контакты *ГПП1—33*; вторая цепь — только в промежутках между позициями — через контакт *ПР*, замыкающие блок-контакты *ГП4*, *ГПпр*.

Блок-контакт *ГПП1—33* контролирует сброс ЭКГ до нулевой позиции. Блок-контакты *ГПпр* обеспечивают доводку ЭКГ точно до нулевой позиции. Два последовательно включенных блок-контакта *ГПпр* повышают надежность разрыва цепи питания катушки контактора *208*. Блок-контакт *ГПП1—32* обеспечивает питание катушки контактора *208* через блок-контакты *ГПпр* в интервале позиций *П1—П32*. При подходе валов ЭКГ к нулевой или 33-й позиции блок-контакт *ГП4* увеличивает время подпитки катушки контактора *208* через блок-контакты *ГПпр*, пока они не разорвут цепь питания. Таким образом переключатели ЭКГ доводятся до нулевой позиции.

Цепи питания катушек линейных контакторов 51—54. При включении кнопки *Цепи управления* на КУ *223* (см. рис. 291) и установке в рабочее положение рукоятки блокировочного устройства тормозов *213* получают питание катушки промежуточных реле *448*, *450* и *272* от провода *H1* (рис. 304). Реле *448*, включившись, замыкающим контактом подготавливает цепь питания катушек *251—254* Тяга устройств переключения воздуха и катушек *49*, *50* Тяга тормозных переключателей. Реле *450*, включившись, одним замыкающим контактом подготавливает цепь питания катушек *241*, *242* клапанов песочниц, а вторым — цепь питания катушки реле *247*, которое контролирует включение кнопки *Низкая температура масла* на КУ *227* (см. рис. 291).

Реле *272*, которое контролирует положение рукоятки крана машиниста, включившись, замыкающим контактом подготавливает цепь питания катушек линейных контакторов *51—54*.

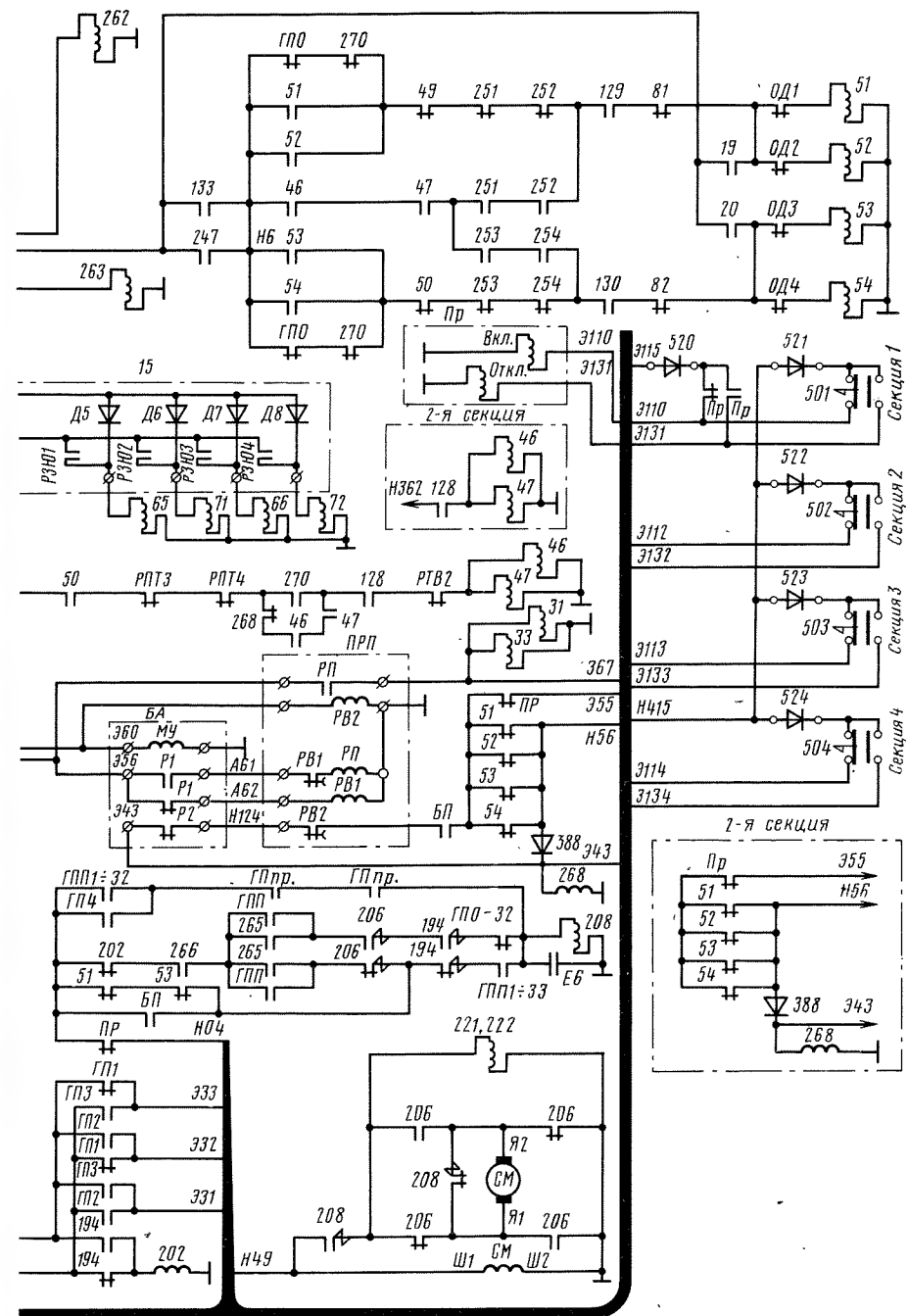
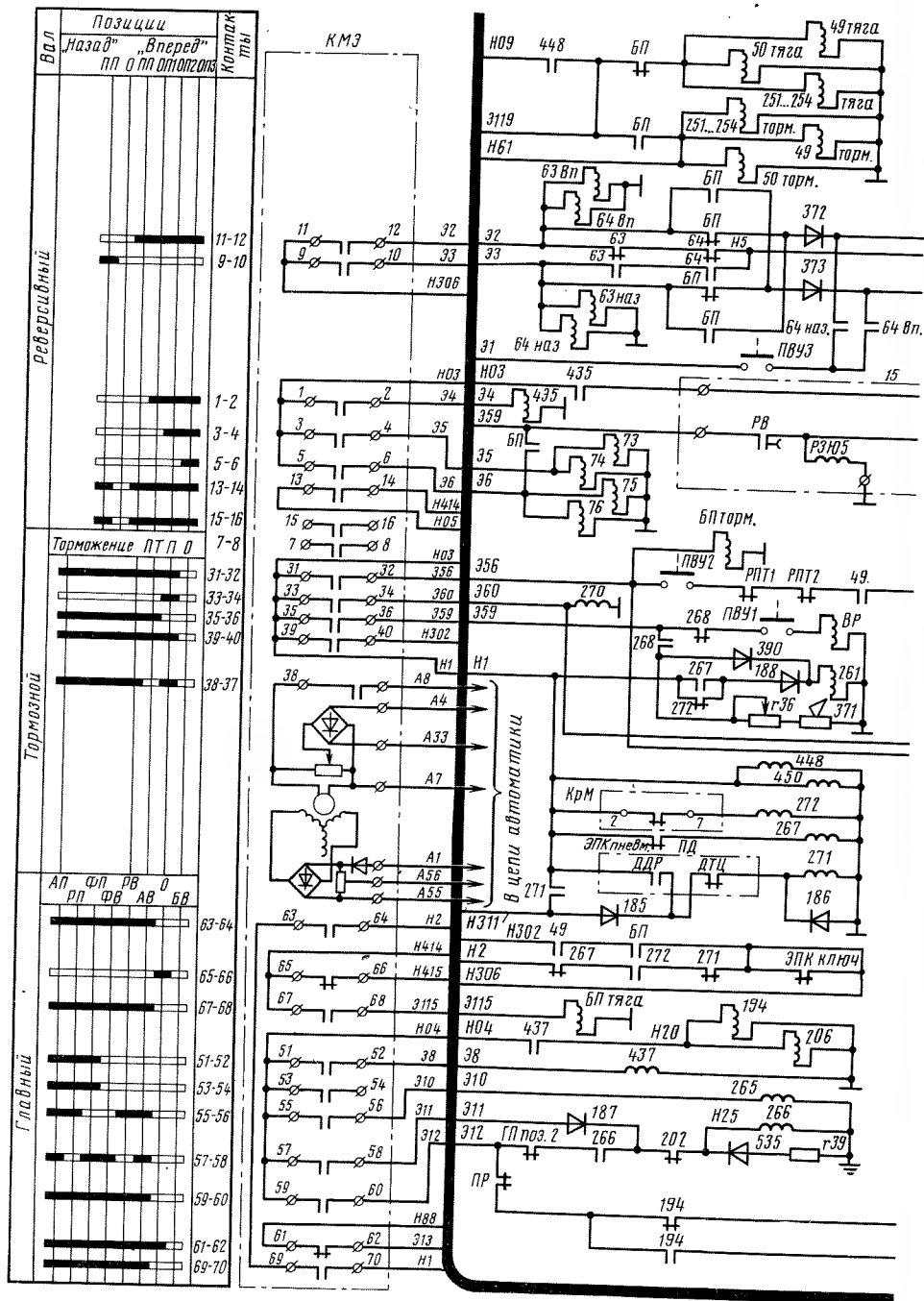
Для включения линейных контакторов необходимо реверсивную рукоятку КМЭ установить в рабочее положение, а главную рукоятку перевести из нулевого в положение *ФП*. При этом в цепях управления происходят переключения, необходимые для сбора схемы в режиме тяги — получает питание катушка *БП* Тяга блокировочного переключателя по цепи: провод *H05*, контакт *13—14* КМЭ, провод *H414*, контакт *67—68* КМЭ, провод *Э115*. Блокировочный переключатель *БП* устанавливается в положение *Тяга* и своим контактом замыкает цепь питания катушек Тяга устройств переключения воздуха *251—254* и тормозных переключателей *49*, *50*. Размыкающими блок-контактами *251—254* и *49*, *50* подготавливаются цепи питания катушек линейных контакторов *51—54*.

Одновременно получают питание катушки *Вперед* (или *Назад*) реверсивных переключателей *63*, *64* по цепи: провод *H1*, контакты *69—70* КМЭ, контакты *63—64*, провод *H2*, контакты реле *267*, *272* и *271*, контакт *ЭПК* ключ, провод *H306*, контакты *11—12* (или *9—10*) КМЭ, провод *Э2* (или *Э3*). Провод *Э2* (или *Э3*) подводит также питание к катушке *262* (или *263*) нагрузочного устройства через контакты *БП* и диод *372* (или *373*).

Реверсивные переключатели *63* и *64* устанавливаются в положение *Вперед* или *Назад* в зависимости от положения реверсивной рукоятки. При этом получают питание катушки линейных контакторов *51—54* по цепи: провод *H5*, замыкающий блок-контакт контактора *133* двигателя насоса трансформатора (или контакт реле *247*, контролирующего включение кнопки *Низкая температура масла*) и далее по двум параллельным цепям через систему блок-контактов аналогично схеме управления электровоза ВЛ80¹. В случае применения пневматического тормоза при собранной схеме в тяговом режиме питание катушка вентиля нагрузочного устройства *262* (или *263*) получает по проводу *Э1* через контакт *ПВУЗ* и блок-контакт *64наз* (или *64вп*). Пневматический выключатель управления *ПВУЗ* контролирует давление воздуха в тормозных цилиндрах.

Следует иметь в виду, что для того, чтобы контакты *ЭПК* ключ и реле *267* были замкнуты в цепи питания катушек линейных контакторов и, следовательно, возможно было их включение, необходимо предварительно произвести зарядку электропневматического клапана *ЭПК* и ключ вернуть в исходное положение.

Ручной набор позиций. Для набора одной позиции главную рукоятку контроллера машиниста кратковременно устанавливают вначале в положение *ФП*, а затем переводят в положение *РП*. На позиции *ФП* в цепях управления происходят, как это было указано выше, все необходимые переключения для сбора схемы в режиме тяги и включаются линейные контакторы *51—54*. Кроме того, получает питание катушка промежуточного реле *437* от провода *H04* через контакт *51—52* КМЭ. Сработав, реле *437* создает цепь питания катушек контакторов *194* и *206* от провода *H04* через замыкающий контакт *437*. При включении контакторов *194* и *206* происходит подготовка цепи питания катушки контактора *208* и серводвигателя *СМ* для набора позиций ЭКГ (см. рис. 304).



Одновременно получает питание катушка реле 266 по проводу Э11 через контакты 57—58 КМЭ, селеновый выпрямитель 187 и размыкающий контакт реле 202. При замыкании одного из контактов реле 266 создается цепь питания этого реле от провода Э12 через контакт ГПноз.2 и собственный контакт; второй контакт 266 подготавливает цепь питания катушки контактора 208. Контактор 208 пока не включается и поворота вала ЭКГ не происходит.

Если главную рукоятку КМЭ перевести из положения ФП в положение РП, продолжают получать питание катушки реле 437, контакторов 194 и 206, а также реле 266 от провода Э12 через свои собственные контакты. Кроме того, получает питание катушка реле 265 по проводу Э10 через контакты 55—56 КМЭ. Контакты реле 265, замкнувшись, создают цепь питания катушки контактора 208 и соответственно серводвигателя СМ, который начинает вращаться в сторону, соответствующую набору позиций.

В начале поворота вала ЭКГ питание катушки контактора 208 происходит по цепи: провод Н04, размыкающий контакт ПР, контакты промежуточных реле 202, 266, 265, замыкающие контакты контакторов 206 и 194, блок-контакт ГП0—32. В промежутке между позициями замыкаются блок-контакты ГПпр, которые обеспечивают подпитку катушки контактора 208 по цепи: провод Н04, контакт ПР, блок-контакты ГП1—32 и ГПпр. С включением блок-контактов ГПпр происходит размыкание блок-контакта ГПноз.2 в цепи питания катушки реле 266. Оно отключается, размыкая свои контакты в цепи катушки контактора 208. С этого момента катушка контактора 208 получает питание только через контакты ГП1—32 и ГПпр.

При установке ЭКГ на очередную позицию блок-контакты ГПпр размыкаются, катушка контактора 208 теряет питание, отключается цепь питания серводвигателя СМ и размыкающий контакт 208 шунтирует цепь якоря серводвигателя, чем обеспечивается его электродинамическое торможение. Переход через промежуточные позиции П1—П5 без остановки серводвигателя СМ осуществляется благодаря блок-контактам ГПП, замкнутым на позициях П1—П5 и включенным параллельно блок-контактам ГПпр в цепи питания катушки контактора 208. Таким образом происходит набор одной позиции ЭКГ. Для набора еще одной позиции следует главную рукоятку КМЭ кратковременно установить в положение ФП и вернуть в положение РП.

Пуск электровоза заканчивается на 33-й позиции ЭКГ, на которой блок-контакт ГП0—32 разрывает цепь питания катушки контактора 208.

Выпрямитель в цепи питания катушки реле 266 предназначен для предотвращения ее подпитки при работе электровоза по системе многих единиц. Дiod 535 и резистор r39, включенные параллельно катушке реле 266, предназначены для снижения уровня перенапряжений на блок-контактах ГПноз.2 при их размыкании.

Одновременно точно такие же операции выполняют цепи управления на всех секциях электровозов, работающих по системе многих единиц.

Автоматический набор позиций. Для автоматического набора позиций ЭКГ главная рукоятка КМЭ устанавливается в положение АП. При этом получают постоянное питание катушки реле 265 и 266

по проводам Э10, Э11 и катушка контактора 208 по проводу Н04 (как было указано выше), происходит безостановочное хронометрическое вращение якоря серводвигателя СМ и поворот вала ЭКГ в сторону, соответствующую набору позиций. На 33-й позиции ЭКГ блок-контакт ГП0—32 разрывает цепь питания катушки контактора 208, при отключении которого прекращается вращение якоря серводвигателя СМ и поворот вала ЭКГ.

Ручной сброс позиций. Для сброса одной позиции главную рукоятку КМЭ устанавливают в положение РВ. При этом теряют питание катушки реле 437 и контакторов 194, 206. При этом размыкаются замыкающие контакты контакторов 194, 206 и замыкаются их размыкающие контакты в цепях питания катушки контактора 208 серводвигателя СМ, а также в цепи питания реле синхронизации 202. Катушка контактора 208 переключается на питание через блок-контакт ГПП1—33, который контролирует включенное положение контактора 208 при сбросе позиций до нулевой. Одновременно переключаясь, контакты контактора 206 обеспечивают изменение направления вращения серводвигателя СМ в сторону, соответствующую сбросу позиций.

Катушка реле 266 продолжает получать питание по проводу Э12 через блок-контакт ГПноз.2, а катушка реле 265 получает питание по проводу Э10. Замыкающие контакты этих реле в цепи питания катушки контактора 208 замкнуты. Включение контактора 208 вызывает поворот вала ЭКГ в сторону, соответствующую сбросу позиций. При установке ЭКГ на очередную позицию, как и при наборе позиций, блок-контакт ГПноз.2 разрывает цепь питания катушки реле 266, а блок-контакты ГПпр—катушки контактора 208.

Для сброса еще одной позиции главную рукоятку КМЭ кратковременно устанавливают в положение ФВ и возвращают в положение РВ. При этом происходит повторное включение реле 266, напряжение на его катушку подается по проводу Э12 через блок-контакт ГПноз.2, включаются реле 265 и контактор 208.

При повороте вала ЭКГ с 1-й позиции на нулевую блок-контакт ГПП1—33 размыкается и катушка контактора 208 получает питание только через блок-контакты ГП4 и ГПпр, которые обеспечивают доведение вала ЭКГ до нулевой позиции и остановку на ней.

Автоматический сброс позиций. Для автоматического сброса позиций ЭКГ главную рукоятку КМЭ устанавливают в положение АВ. При этом катушки реле 265, 266 и катушка контактора 208 получают постоянное питание, происходит безостановочное хронометрическое вращение якоря серводвигателя СМ и поворот вала ЭКГ в сторону, соответствующую сбросу позиций. На нулевой позиции ЭКГ блок-контакт ГПП1—33 разрывает цепь питания катушки контактора 208, серводвигатель и ЭКГ останавливаются.

Цепи синхронизации. Контроль синхронного переключения групповых переключателей ЭКГ одного электровоза, а также двух электровозов, работающих по системе многих единиц, осуществляется с помощью реле 202, систем блок-контактов ГП1, ГП2, ГП3 группового переключателя и блок-контактов контактора 194 (см. рис. 304).

Блок-контакты ГП1, ГП2, ГП3 находятся на валу ЭКГ, который делает один оборот при повороте вала силовых контакторных

элементов на три позиции, так, блок-контакт ГП1 замкнут на позициях нулевой, 2, 5-й и т. д.; ГП2—на позициях П1, 3, 6-й и т. д.; ГП3—на позициях 1, 4, 7-й и т. д.

При синхронном вращении валов ЭКГ всех секций реле 202 не включается. Если произошло рассогласование в переключении ЭКГ на одну позицию, то на секции, где ЭКГ опережает, включается реле 202 и своим размыкающим контактом разрывает цепь питания катушки реле 266, а оно в свою очередь своим контактом разрывает цепь питания катушки контактора 208, вследствие чего ЭКГ останавливается.

Рассмотрим случай, когда при наборе позиций ЭКГ на 1-й, 2-й и 4-й секциях находятся на 1-й позиции, а на 3-й секции—на 2-й позиции. На тех секциях, где ЭКГ находится на 1-й позиции, катушка реле 202 не получает питания. На 3-й секции на катушку реле 202 подается напряжение по следующей цепи: провод Э12 ведущей секции, контакт ПР, замыкающий блок-контакт контактора 194, блок-контакт ГП3 (замкнут на 1-й позиции ЭКГ), провод Э33 всех секций, блок-контакт ГП1 на 3-й секции (замкнут на 2-й позиции ЭКГ), замыкающий блок-контакт контактора 194, катушка реле 202. По аналогичным цепям осуществляется питание катушки реле 202 на тех секциях, где ЭКГ ушел на одну позицию вперед по сравнению с ЭКГ любой другой секции.

На секциях, где ЭКГ опережает остальные на одну позицию, катушка реле 202 получает питание до тех пор, пока все остальные ЭКГ не догонят его.

Аналогичным образом происходит синхронизация групповых переключателей при сбросе позиций. При этом реле 202 включается на тех секциях, на которых ЭКГ переключаются быстрее. Переключение цепи питания катушки реле 202 в этом случае производится с помощью другой пары блок-контактов (размыкающих) контактора 194.

Рассмотрим случай, когда при сбросе позиций ЭКГ на 1-й, 2-й и 4-й секциях находятся на 7-й позиции, а ЭКГ 3-й секции—на 6-й позиции. Если главная рукоятка КМЭ находится на положениях сброса позиций (РВ, АВ, О), то катушка реле 437 и соответственно катушка контактора 194 не получают питания, поэтому в цепи синхронизации размыкающие блок-контакты 194 будут замкнуты, а замыкающие—разомкнуты. На тех секциях, где ЭКГ отстали на одну позицию, к катушкам реле 202 не подводится напряжение, а на 3-й секции, где ЭКГ ушел на одну позицию вперед в сторону сброса, катушка реле 202 получает питание по следующей цепи: провод Э12, контакт ПР, замыкающий контакт контактора 194, блок-контакт ГП3 (замкнут на 7-й позиции), провод Э31 всех секций, блок-контакт ГП2 (замкнут на 6-й позиции) 3-й секции, размыкающий контакт 194, катушка реле 202. На 3-й секции катушка реле 202 будет получать питание до тех пор, пока ЭКГ остальных секций не перейдут на 6-ю позицию.

Таким образом осуществляется синхронизация работы ЭКГ всех секций двух электровозов, работающих по системе многих единиц.

Если валы ЭКГ случайно зайдут за 33-ю позицию до упора, то для того, чтобы их вывести из этого положения, главную рукоятку КМЭ устанавливают в нулевое положение. Если же валы ЭКГ

окажутся в положении упора за нулевой позицией, то их можно вывести из этого положения, кратковременно установив главную рукоятку КМЭ в положение АП.

Чтобы осуществить автоматический сброс ЭКГ на нулевую позицию в режиме электрического торможения, предусмотрена цепь питания катушки контактора 208, не зависящая от состояния реле 202, 266, 265, и контакторов 51, 53—через контакты БП, которые шунтируют блок-контакты указанных аппаратов.

Цепи управления ослаблением возбуждения двигателей в режиме тяги, а также режимом электрического торможения не имеют существенных отличий от аналогичных цепей электровоза ВЛ80^т.

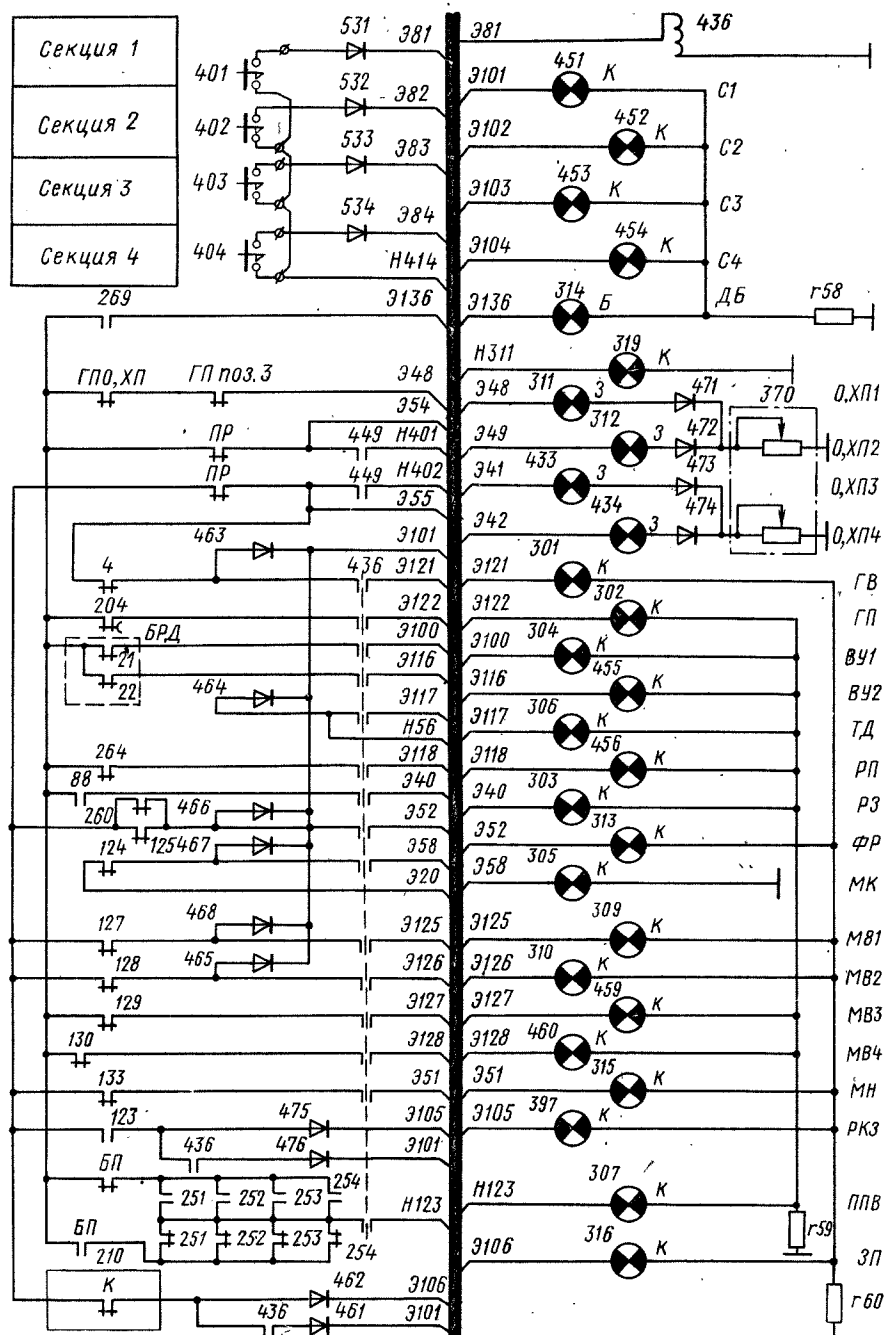
В процессе эксплуатации первой партии электровозов ВЛ80^т по системе многих единиц была обнаружена возможность образования при некоторых условиях «вредного» контура в цепи питания катушек ГВ. При этом провод Э14 (см. рис. 291) получал постоянное питание вне зависимости от положения кнопки Включение ГВ и возврат реле, что приводило к включению реле 207 и закорачиванию его контактом добавочных резисторов r34 и r35 в цепи катушек реле 21 и 22 блока БРД. Катушки реле 21 и 22 не рассчитаны на длительную работу под полным напряжением (50 В) и поэтому выходили из строя. Чтобы исключить возможность образования «вредного» контура и, вследствие этого, повреждение катушек реле 21 и 22, в схему управления (см. рис. 291) внесены следующие изменения: удерживающая и включающая катушки ГВ со стороны «минуса» соединены непосредственно с корпусом, а контакты РД автомата минимального давления, изъятые из этой цепи, включены в цепь катушки промежуточного реле 248, контролирующего блокирование дверей ВВК. Таким образом при отсутствии сжатого воздуха, или недостаточном давлении в резервуаре ГВ, контакты РД будут разомкнуты, а, следовательно, цепь катушки реле 248 обесточена. Замыкающие контакты этого реле разорвут цепь питания удерживающей и включающей катушек ГВ, что не даст ему включаться. При такой схеме нельзя поднять токоприемник, если не замкнуты контакты РД.

Цепи сигнализации. Контроль за состоянием основного оборудования осуществляется суммирующей сигнализацией. На каждой секции электровоза имеется 27 сигнальных ламп, из которых десять установлены на пульте машиниста, а остальные—на расшифровывающем сигнальном табло. Все сигнальные лампы получают питание от РЩ по проводам Н401 и Н402 через контакты реле 449 и переключателя ПР (рис. 305).

Катушка реле 449 получает питание при включении кнопки Сигнализация на КУ 224 (см. рис. 291), когда реверсивная рукоятка КМЭ находится в рабочем положении.

Подключение ламп сигнального табло к цепям сигнализации проверяемой секции осуществляется переключателями 436 (см. рис. 305), управление которыми производится дистанционно с помощью тумблеров 401—404 (см. рис. 306). Все сигнальные лампы могут быть разделены на три основные группы:

первая—лампы суммирующей сигнализации (С1, С2, С3, С4), загорание которых сигнализирует о том, что на соответствующей секции нарушен нормальный режим работы оборудования;



3-й секции, межэлектровозное соединение, провод Э104 2-й секции, межсекционное соединение, провод Э104 1-й секции, лампа С4. Загорание красной сигнальной лампы С4 указывает на то, что нарушение режима работы произошло на 4-й секции. Для того чтобы определить вид повреждения, включают тумблер 404 (4-я секция). При этом получит питание катушка переключателя 436 на 4-й секции по следующей цепи: провод Н114, контакты тумблера 404, панель диодов 534, провод Э84 1-й секции, межсекционное соединение, провод Э83 2-й секции, межэлектровозное соединение, провод Э81 4-й секции, катушка 436. Замыкаются контакты переключателя 436 в цепи сигнальных ламп 4-й секции, получают напряжение провода Э118 и Э121, загораются сигнальные лампы ГВ и РП на сигнальных табло всех секций, в том числе и 1-й. Таким образом определяется, что произошло отключение ГВ в результате срабатывания РП на 4-й секции. Аналогично можно определить нарушение нормального режима работы оборудования в любом другом случае по загоранию соответствующих сигнальных ламп.

На пульте машиниста, кроме суммирующих ламп С1—С4, установлены еще сигнальные лампы 311 и 312, сигнализирующие о нахождении групповых переключателей ЭКГ соответственно 1-й и 2-й секций на нулевой или ходовой позиции.

§ 109. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ЧС4

Управление силовой цепью электровоза ЧС4 в основном сводится к управлению высоковольтным переключателем ступеней (ПС) тягового трансформатора. Переключатель ступеней приводится в действие пневмодвигателем, которым управляют два электромагнитных вентилей включающего типа 015₈ и 015₉ (рис. 307).

Основным командным аппаратом управления силовой цепи является контроллер машиниста. На электровозе ЧС4 контроллер машиниста имеет три кулачковых вала: реверсивный, главный, ослабления возбуждения. Управляют главным валом и валом ослабления возбуждения с помощью штурвала, который имеет два положения — верхнее и нижнее. В верхнем положении оси штурвала производится управление главным валом контроллера, который при этом можно перемещать из нулевого положения в следующие: «+1» — набор по одной позиции; «+» — автоматический набор позиций; «-1» — сброс по одной позиции; «-» — автоматический сброс позиций.

В нижнем положении оси штурвал можно перевести из нулевого положения в положения I, II, III, IV и V, соответствующие 1, 2, 3, 4 и 5-й ступеням ослабления возбуждения. Ослабление возбуждения можно осуществить, начиная с 26-й позиции ПС, так как только в этом случае создается цепь питания катушек контакторов ослабления возбуждения через блокировочные контакты L—K переключателя ступеней.

Реверсивный вал контроллера имеет три положения: JP (вперед), 0 и JZ (назад). Для того чтобы перевести реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений, нужно подать напряжение на катушку

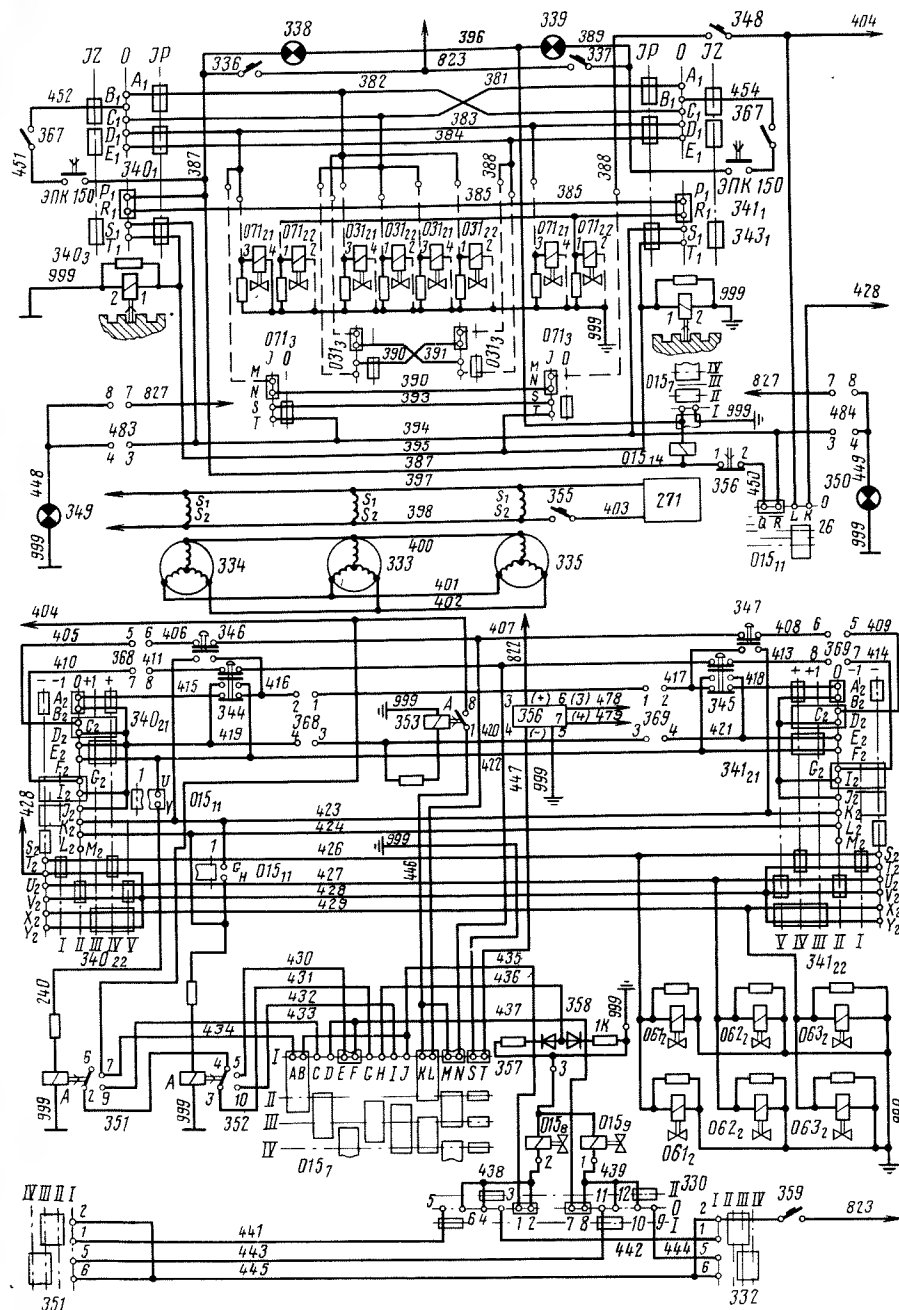


Рис. 307. Схема управления силовой цепью электровоза ЧС4

электромагнитной защелки 340₃ и 341₃. Электромагнитная защелка обеспечивает механическое запираание реверсивного вала. Кроме того, невозможно вставить или вынуть реверсивную рукоятку при обесточенной катушке электромагнитной защелки.

При положении 0 реверсивной рукоятки штурвал перевести нельзя: он заперт. Реверсивный вал нельзя переключить в любое другое положение, если штурвал находится в одном из рабочих положений.

Для управления электровозом в тяговом режиме необходимо предварительно произвести ряд подготовительных операций. В первую очередь включают защитный выключатель 336 или 337, при этом создается цепь питания катушек 071₂₂ обоих переключателей тяговых двигателей: провод 823, выключатель 336, провод 387, контакты P_1-R_1 реверсивного вала 340₁ контроллера машиниста (замкнуты только при положении 0 реверсивного вала) 1-й кабины, провод 385, контакты P_1-R_1 реверсивного вала 341₁ 2-й кабины, провод 386, обе катушки 071₂₂, провод 999, земля.

При этом переключатели двигателей 071 занимают положение *Отключено* и своими блок-контактами $S-T$ замыкают цепь питания катушек электромагнитных защелок 340₃ обоих контроллеров: провод 823, выключатель 336, провод 387, блок-контакты $Q-R$ переключателя ступеней (замкнуты только на нулевой позиции), провод 394, блок-контакты $T-S$ переключателя 071₃ (тяговых двигателей первой тележки), провод 393, блок-контакты второго переключателя 071₃, провод 395, катушки электромагнитных защелок 340₃, провод 999, корпус. Одновременно с этим зажигаются сигнальные зеленые лампы 349 (350), что соответствует нулевому положению ПС. Таким образом, реверсивные валы контроллеров машиниста оказываются разблокированными.

При переводе реверсивной рукоятки контроллера в положение *JP* (вперед) размыкаются контакты P_1-R_1 и разрывается цепь питания катушки 071₂₂ переключателей тяговых двигателей. Через замкнутые контакты A_1-B_1 реверсивного вала создается цепь питания катушек приводов обоих реверсоров: провод 823, выключатель 336, провод 387, контакты ЭПК 150, провод 451, кнопка 367 выключения ГВ, провод 452 контакты A_1-B_1 реверсивного вала, провод 382, катушки 031₂₁ (реверсора первой группы тяговых двигателей) и 031₂₂ (реверсора второй группы). При этом оба реверсора занимают положение, соответствующее движению электровоза вперед кабиной № 1.

Блок-контакты реверсора создают цепь питания катушек 071₂₁ переключателей тяговых двигателей: провод 823, выключатель 336, провод 387, контакты A_1-B_1 реверсивного вала контроллера 340₁, провод 382, блок-контакты первого реверсора 031₃, провод 391, блок-контакты второго реверсора 031₃, провод 384, контакты D_1-E_1 реверсивного вала контроллера, провод 383, катушки 071₂₁, провод 999, корпус. При этом оба переключателя 071 занимают положение *Езда* и своими блок-контактами соединяют провод 383 с проводом 404 через блок-контакты $M-N$ обоих переключателей, провод 388 и выключатель 348.

По проводу 404 получает питание катушка реле управления 353 по следующей цепи: провод 404, контакты 1-2 выключателя управле-

ния 368, провод 416, контакты невключенной кнопки 344 (кнопка *Сброс*), провод 415, контакты A_2-B_2 главного вала контроллера машиниста 340₂₁, провод 419, контакты 4-3 выключателя управления 368, резистор, катушка реле 353, провод 999, корпус электровоза. При этом замыкаются контакты реле управления 353 и создается вторая цепь питания катушки реле 353, провод 404, контакты реле 353, провод 446, блок-контакты $K-L$ переключателя ступеней, провод 407, контакты кнопки 346 (кнопка *Сброс*), провод 406, контакты 5-6 выключателя 368, провод 405, контакты C_2-D_2 главного вала контроллера машиниста 340₂₁, провод 419, контакты 3-4 выключателя 368, провод 420, резистор, катушка реле 353, провод 999, корпус электровоза. Дальнейшее управление силовой цепью производится с помощью контроллера машиниста.

Ручной набор позиций ПС. Для набора одной позиции необходимо штурвал контроллера машиниста перевести из положения 0 в положение +1, затем вернуть в положение 0.

При переводе штурвала в положение +1 размыкаются контакты A_2-B_2 и замыкаются контакты E_2-F_2 главного вала контроллера. Контактами A_1-B_1 разрывается первоначальная (основная) цепь питания катушки реле 353, и напряжение на нее подается замыкающими контактами этого же реле и блок-контактами $K-L$ пневмодвигателя переключателя ступеней. Контактами E_2-F_2 главного вала контроллера создается цепь питания катушки реле набора позиций 351: провод 404, контакты реле 353, блок-контакты $K-L$ пневмодвигателя, контакты кнопки 346, контакты 5-6 выключателя 368, провод 405, контакты C_2-D_2 главного вала контроллера, контакты E_2-F_2 , блок-контакты $U-V$ переключателя ступеней, замкнутые на всех позициях, кроме 32-й, провод 440, резистор, катушка реле 351, провод 999, корпус электровоза.

При этом реле набора позиций 351 срабатывает. Его контакты 6-7 создают цепь питания катушки вентиля 015₈ привода пневмодвигателя: провод 404, контакты 6-7 реле 351, провод 434, блок-контакты $A-B$ пневмодвигателя, провод 435, контакты 1-2 аварийного переключателя кабин 330, катушка вентиля 015₈, провод 999, корпус электровоза.

Электропневматический вентиль 015₈ сработает и переведет пневмодвигатель из положения I в положение II, что соответствует повороту коленчатого вала на 90°. В положении II замкнутся блок-контакты $C-D$ пневмодвигателя 015₇ и образуется цепь питания катушки вентиля 015₉: провод 404, контакты 6-9 реле набора 351, провод 433, блок-контакты $C-D$, провод 437, блок-контакты 7-8 аварийного переключателя 330, провод 439, катушка вентиля 015₉, провод 999, корпус электровоза.

При возбуждении обоих вентилях 015₈ и 015₉ пневмодвигатель переходит из положения II в положение III, при этом коленчатый вал двигателя поворачивается еще на 90°. Между положениями II и III кратковременно размыкаются блок-контакты $K-L$ пневмодвигателя, в связи с чем прерывается цепь питания катушек реле 351 и 353. Несмотря на то что катушка реле набора электровоза обесточилась и разомкнулись его контакты, катушки вентилях 015₈ и 015₉ остаются возбужденными, продолжая получать питание по вновь созданной цепи от провода 404 через контакты реле 351 и 352, провод 431,

блок-контакты $F-G$ пневмодвигателя, провод 436 и далее через разделительные диоды и контакты переключателя 330. Поэтому коленчатый вал пневмодвигателя продолжает поворачиваться, пока не займет положение III, в котором он остановится. Это соответствует 1-й позиции переключателя ступеней. При этом на первичную обмотку тягового трансформатора подается напряжение около 1000 В, а на каждой вторичной обмотке будет напряжение примерно 41,4 В. Таким образом, на тяговые двигатели подается напряжение и электровоз может быть приведен в движение.

Для набора следующей позиции необходимо штурвал контроллера вернуть в положение 0 для восстановления реле управления 353. При этом создается первоначальная цепь питания катушки реле 353 через контакты A_2-B_2 главного вала, замкнутые в положении 0 штурвала контроллера. После того как реле 353 сработает, восстановится вторая цепь питания катушки этого реле через его контакты 1-8 и блок-контакты $K-L$ пневмодвигателя; эта цепь не зависит от положения штурвала контроллера. При постановке штурвала в положение +1 через блок-контакты E_2-F_2 главного вала контроллера вновь получает питание катушка реле набора 351.

Контакты A_2-B_2 главного вала разомкнутся, но катушка реле 353 будет получать питание по цепи через свои собственные контакты 1-8 и блок-контакты $K-L$ пневмодвигателя.

Когда реле набора 351 сработает, разомкнутся его контакты 6-2 и прервется цепь питания катушек вентилей 015₈ и 015₉. Однако создается цепь питания катушки вентиля 015₉ через контакты 6-9 реле 351 и блок-контакты $C-D$ пневмодвигателя. Блок-контакты $A-B$ в положении III вала пневмодвигателя разомкнуты, поэтому вентиль 015₈ не может получать питания. При возбуждении вентиля 015₉ пневмодвигатель переходит из положения III в положение IV, что соответствует повороту коленчатого вала еще на 90°. При подходе к положению IV размыкаются блок-контакты $C-D$, разрывая цепь питания катушки вентиля 015₉. Так как оба вентиля 015₈ и 015₉ не возбуждены, вал пневмодвигателя продолжает поворачиваться из положения IV в положение I.

Между этими положениями вала кратковременно размыкаются блок-контакты $K-L$ пневмодвигателя и теряют питание катушки реле управления 353 и реле набора позиций 351. Пневмодвигатель останавливается в положении I, что соответствует 2-й позиции ПС. Для дальнейшего набора по одной позиции нужно штурвал контроллера машиниста вернуть в положение 0 и затем снова поставить в положение +1. При этом произойдут аналогичные переключения в цепях управления. За один полный оборот коленчатого вала пневмодвигателя набираются две позиции ПС. Таким образом, можно производить набор позиций ПС вплоть до 32-й. На 32-й позиции будут разомкнуты блок-контакты $U-V$ переключателя ступеней, и питание катушек реле 351 прекращается. При номинальном напряжении в контактной сети на 32-й позиции ПС напряжение холостого хода на вторичных обмотках тягового трансформатора составляет 1040 В.

Автоматический набор позиций. Для непрерывного автоматического набора позиций ПС (без остановки на позициях) необходимо штурвал контроллера машиниста перевести в нефиксированное поло-

жение «+». При этом непрерывно напряжение подается на катушку реле управления 353 через контакты A_2-B_2 и на катушку реле набора 351 через контакты E_2-F_2 главного вала. Эта цепь питания не зависит от положения блок-контактов $K-L$ пневмодвигателя и контактов реле 353.

Цепь питания катушек вентилей 015₈ и 015₉ замыкают блок-контакты $A-B$ (катушка вентиля 015₈) и $C-D$ (катушка вентиля 015₉) пневмодвигателя. В соответствии с разверткой вентили пневмодвигателя будут получать питание в такой последовательности: в положении I—вентиль 015₈, в положении II—вентили 015₈ и 015₉, в положении III—вентиль 015₉; в положении IV оба вентиля обесточены. В соответствии с этим под действием впускаемого в цилиндры воздуха коленчатый вал пневмодвигателя будет поворачиваться в сторону набора позиций.

При автоматическом наборе позиций, когда штурвал контроллера поставлен в положение «+», пневмодвигатель может вращаться до 32-й позиции, т. е. до размыкания блок-контактов $U-V$ переключателя ступеней, так как при этом катушка реле набора 351 не теряет питание. Чтобы остановить пневмодвигатель и соответственно переключатель ступеней на какой-либо позиции, не доходя до 32-й, необходимо штурвал перевести в положение 0. При этом размыкаются блок-контакты E_2-F_2 главного вала контроллера, прекращается питание катушки реле 351 и, следовательно, пневмодвигатель останавливается.

Ручной сброс позиций. Для сброса одной позиции ПС с целью снижения напряжения на тяговых двигателях штурвал контроллера машиниста переводят в фиксированное положение -1. При этом размыкаются блок-контакты A_2-B_2 и C_2-D_2 главного вала контроллера и катушка реле управления 353 получает питание по цепи: собственные контакты, блок-контакты $M-N$ пневмодвигателя, провод 412, контакты 7-8 выключателя 368, блок-контакты G_2-J_2 главного вала контроллера, провод 419, контакты 4-3 выключателя 368, провод 420, резистор. Одновременно оказываются замкнутыми блок-контакты J_2-K_2 главного вала контроллера, которые создают цепь питания катушки реле 352, проходящую через контакты $G-H$ переключателя ступеней 015₁₁, замкнутые на всех позициях, кроме нулевой.

При срабатывании реле сброса 352 по цепи через его контакты 4-5 и контакты $E-F$ пневмодвигателя получает питание вентиль 015₉, если в момент постановки штурвала в положение -1 ПС находился в четной позиции (это соответствует положению I пневмодвигателя). Пневмодвигатель начинает вращаться в сторону позиций IV, т. е. в сторону, обратную набору позиций. При достижении позиции IV создается цепь питания также вентиля 015₈ через контакты 4-10 реле сброса 352 и блок-контакты $I-J$ пневмодвигателя. Пневмодвигатель при этом вращается, пока не будет достигнуто положение III, а затем остановится, так как между положениями IV и III разомкнутся его блок-контакты $M-N$ и потеряют питание катушки реле 353 и 352. Это соответствует сбросу одной позиции переключателя ступеней.

Для сброса еще одной позиции необходимо кратковременно вернуть штурвал в положение 0, чтобы восстановить питание

катушки реле управления 353, затем вновь поставить штурвал в положение —I. При этом создается цепь питания вентиля 015₈ и пневмодвигатель начинает вращаться в сторону положения II и т. д. Таким образом, при сбросе позиций включение и выключение вентилей привода пневмодвигателя производятся замыканием или размыканием блок-контактов I-J (вентиль 015₈) и E-F (вентиль 015₉) пневмодвигателя, а фиксирование на позициях происходит благодаря размыканию блок-контактов M-N между положениями IV и III (остановка на нечетной позиции ПС), II и I (остановка на четной позиции) пневмодвигателя.

Автоматический сброс позиций. Для непрерывного (автоматического) сброса позиций ПС (без остановки на позициях) необходимо штурвал контроллера машиниста перевести в фиксированное положение «—». При этом создаются цепи питания катушки реле управления 353 через контакты A₂-B₂ главного вала контроллера 340₂₁ и катушки реле сброса 352 от провода 419 через блок-контакты J₂-K₂ главного вала контроллера. Вентили 015₈ и 015₉ будут получать питание через контакты реле сброса 352, блок-контакты I-J и E-F пневмодвигателя.

Вал пневмодвигателя и соответственно переключателя ступеней будет вращаться в направлении к нулевой позиции ПС. При подходе к этой позиции разомкнутся контакты G-H переключателя ступеней 015₁₁ и прекратится питание катушки реле 352, что приведет к остановке пневмодвигателя. Если пневмодвигатель остановится, не дойдя до нулевой позиции ПС, или будет происходить замедленное вращение его вала, выключится главный выключатель. Управление набором и сбросом позиций при маневровой работе производится с помощью кнопок 344 (Набор) и 345 (Сброс); штурвал должен находиться в положении 0.

Аварийное управление. При неисправности контроллера или цепей управления набор и сброс позиций ПС можно производить с помощью поворотных кулачковых выключателей (аварийных контроллеров) 331 и 332. При этом аварийный переключатель 330 становится в положение I или II в зависимости от того, из какой кабины машиниста производится управление.

Аварийным контроллером подают питание на вентили привода пневмодвигателя 015₈ и 015₉ от провода 823 через выключатель 359, далее через провод 445 и контакты аварийных контроллеров. Поворот вала аварийного контроллера 331 (332) на 180° ведет к повороту вала пневмодвигателя также на 180°, т. е. к набору одной позиции. Если поворачивать вал аварийного контроллера в обратную сторону, вентили 015₈ и 015₉ получают питание в обратном порядке и пневмодвигатель поворачивает вал ПС в сторону снижения позиций.

При аварийном управлении исключаются из цепей питания вентилей блок-контакты, обеспечивающие определенную зависимость цепей управления и правильное положение реверсоров и разъединителей тяговых двигателей, поэтому аварийное управление необходимо производить, соблюдая определенные предосторожности.

Управление в режиме ослабленного возбуждения. Штурвал контроллера переводят в нижнее положение, при этом он выходит из зацепления с главным валом 340₂₁ и вводится в зацепление с валом ослабления возбуждения 340₂₂ контроллера машиниста. При поворо-

те штурвала в положение I напряжение подается на катушки вентилей двух электропневматических контакторов 061₂ по цепи: провод 404, контакты L-K переключателя ступеней, замкнутые на 26—32-й позициях, провод 428, контакты S₂-T₂, провод 426, катушки контакторов 061₂, провод 999.

Контакторы включают первую ступень ослабления возбуждения тяговых двигателей (72,6%). При дальнейшем вращении штурвала создаются цепи: положение II—контакты V₂-U₂, провод 427, вент-

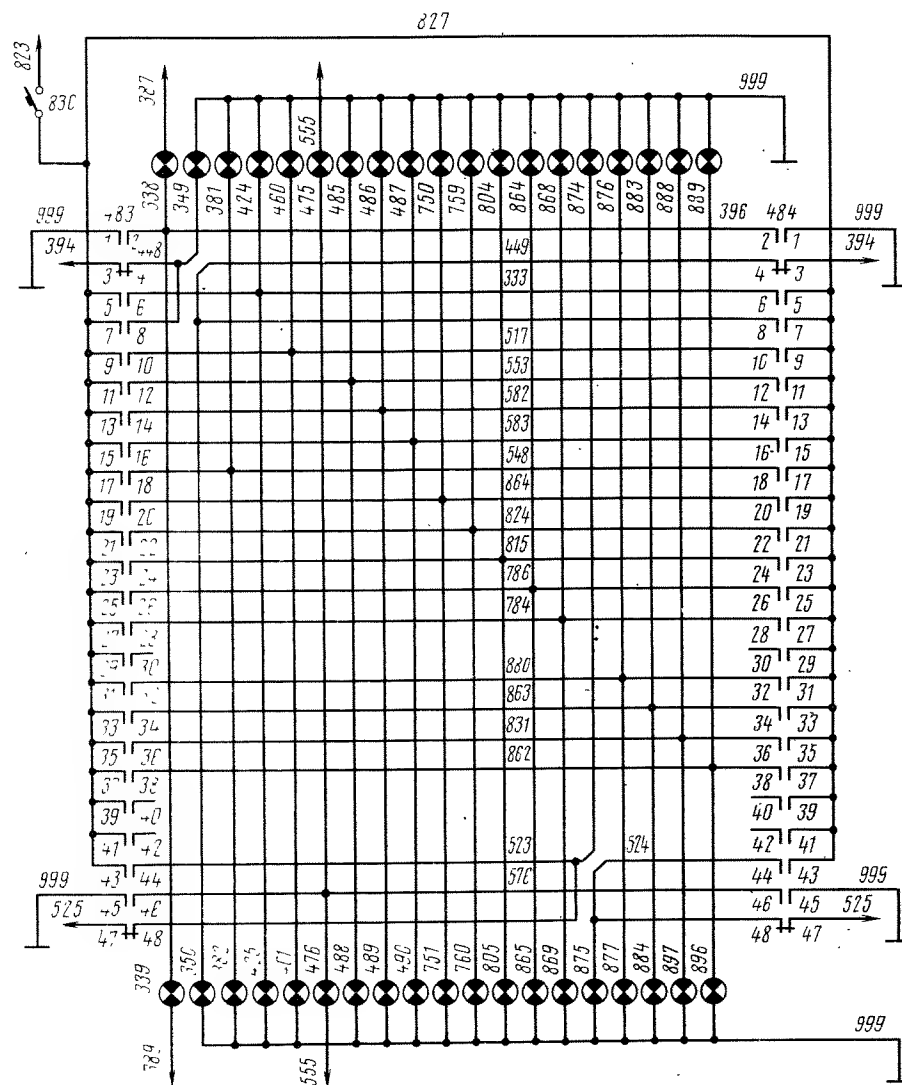


Рис. 308. Сигнальные цепи электровоза ЧС4

ЗАЩИТА СИЛОВЫХ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ И ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

§ 110. Защита силовой цепи отечественных электровозов

В процессе работы электровоза могут возникнуть режимы, значительно отличающиеся от нормальных: перегрузки, перенапряжения и короткие замыкания, перебросы по коллектору в тяговых двигателях, пробой изоляции и др. Это может вызвать значительные повреждения электрооборудования. Поэтому на электровозах предусматривают устройства защиты, которые в ряде случаев предотвращают возникновение аварийных процессов, а если они возникли, не позволяют им развиться, локализуют их.

Защита силовых цепей от токов коротких замыканий. Короткое замыкание по термическим и динамическим воздействиям очень опасно для оборудования электровоза. В случае возникновения короткого замыкания в тяговой цепи электровоза необходимо быстро отключить трансформатор со стороны контактной сети. Это осуществляется главным выключателем, который является основным аппаратом защиты на электровозе.

Если возникает короткое замыкание (к.з.) в силовой цепи и ток в первичной обмотке тягового трансформатора становится больше тока уставки, главный выключатель отключится под воздействием реле *РМТ*. Защита должна срабатывать при к.з. не только в цепи вторичной, но и первичной обмотки трансформатора. Поэтому контроль тока осуществляют на первичной стороне тягового трансформатора.

Трансформатор тока установлен между главным выключателем и тяговым трансформатором (см. рис. 252). К вторичной обмотке трансформатора тока подключено реле *РМТ*. Ток в замкнутой цепи (вторичная обмотка трансформатора тока — реле) при нормальных режимах не превосходит тока уставки реле. Только в аварийном режиме он превышает ток уставки и реле срабатывает, разрывая цепь удерживающей катушки главного выключателя, который и отсоединяет тяговой трансформатор от контактной сети. Защита срабатывает в течение 0,04—0,06 с. Такое быстрое действие достаточно для того, чтобы предотвратить повреждение электрооборудования.

Трансформатор тока совмещен с проходным изолятором, через который подается напряжение от главного выключателя в кузов электровоза. Первичной обмоткой трансформатора тока служит токопроводящий стержень проходного изолятора. Катушка реле максимального тока секционирована и позволяет регулировать уставку защиты от 200 до 500 А.

Восстановление защиты происходит автоматически. После отключения ГВ прекращается ток в катушке реле *РМТ*, его якорь отпадает, замыкая контакты в цепи удерживающей катушки и

ли 062₂ (60%); положение III — контакты X₂-V₂, провод 429, вентили 063₂ (51%); положение IV — возбуждены вентили 061₂ и 063₂ (44%); положение V — возбуждены вентили 062₂ и 063₂ (40%).

Цепи сигнализации. Специально предусмотренные лампы сигнализируют машинисту электровоза о работе основных агрегатов, срабатывании защиты или повреждении элементов оборудования. В цепи сигнализации напряжение подается по проводу 823 (рис. 308) через защитный выключатель 830. Включенные цепей сигнализации производятся выключателями 483 (484).

Сигнальные лампы загораются в следующих случаях: лампа 338 (339) — промежуточное положение высоковольтного переключателя ступеней; 349 (350) — нулевое положение переключателя ступеней; 381 (382) — замкнуты контакты блокировки; 424 (425) — повреждение насосов; 460 (461) — подача песка; 475 (476) — нарушение фильтрации масла; 485 (488) — повреждение вентилятора тяговых двигателей; 486 (489) — повреждение вентилятора сглаживающих реакторов; 487 (490) — повреждение вентилятора выпрямителя; 750 (751) — нагрев масла; 759 (760) — включение вентиляции; 804 (805) — включение вспомогательного компрессора; 864 (865) — пробой одного вентиля; 868 (869) — повреждение вспомогательного выпрямителя; 874 (875) — пробой двух вентилях; 876 (877) — 888 (897) — срабатывание реле заземления; 883 (884) — срабатывание газового реле; 889 (896) — срабатывание защиты. Сигнальные лампы, номера которых указаны в скобках, установлены на втором конце электровоза.

подготавливая этим включение главного выключателя. Недостаток рассматриваемой защиты — наличие так называемой мертвой зоны: защита срабатывает не при всех коротких замыканиях. При к.з. на первичной стороне тягового трансформатора она срабатывает всегда, а при замыкании на вторичной стороне — в зависимости от ступени регулирования, т. е. от числа витков вторичной обмотки, которые оказались накоротко замкнутыми.

Например, при замыкании накоротко всей вторичной обмотки на 33-й позиции ток в первичной обмотке трансформатора превысит ток уставки и защита сработает. Но если замыкание вторичной обмотки произойдет на первых позициях (1, 5, 9-й), когда ток в первичной обмотке невелик, то, несмотря на большой ток во вторичной обмотке, защита не сработает. Снизить же уставку защиты, чтобы она срабатывала при всех коротких замыканиях, нельзя, так как ток уставки должен превышать наибольший, потребляемый электровозом из контактной сети в тяговом режиме. На 33-й позиции при токе тягового двигателя 600 А электровоз ВЛ60^к потребляет из контактной сети ток более 300 А. Следовательно, уставка защиты не может быть меньше 300 А. С запасом на возможные броски тока уставка на электровозе ВЛ60^к выбрана равной 400 А. По тем же соображениям ток уставки главного выключателя на каждой секции электровозов ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^с и ВЛ80^р выбран равным 250 А.

Попытки устранить мертвые зоны в защите от коротких замыканий приводят к значительным и неоправданным усложнениям схемы.

Защита от замыканий на землю. Силовая цепь электровоза со стороны вторичной обмотки трансформатора не имеет соединения с землей; изоляция ее от земли выполнена на полное рабочее напряжение.

Нарушение изоляции только в одной точке силовой цепи не приводит к аварийному режиму, однако нарушение изоляции в двух точках может привести к короткому замыканию через землю. Чтобы исключить возможность возникновения подобного аварийного режима, необходимо контролировать изоляцию цепей от земли и при замыкании на землю в одной точке отключать установку и принимать меры к восстановлению изоляции.

Для контроля изоляции применяют так называемую земляную защиту. Основной аппарат этой защиты — реле заземления 88 (рис. 309), которое при замыкании на корпус любой точки силовой цепи срабатывает и своими контактами, во-первых, размыкает цепь удерживающей катушки ГВ, что приводит к отключению последнего, а во-вторых, замыкает цепь красной сигнальной лампы РЗ (см. рис. 297).

Рабочая катушка реле заземления 88 с одной стороны через выпрямительный мост 86, сглаживающий реактор 85 и резисторы Р37 и Р38 присоединена в двух точках к силовой цепи, а с другой стороны заземлена на корпус электровоза. Выпрямительный мост 86 вместе с понижающим трансформатором 87 служит источником дополнительного напряжения для контроля изоляции силовой цепи. Сглаживающий реактор 85 исключает ложные срабатывания земляной защиты при кратковременных бросках тока.

Одно реле заземления контролирует изоляцию двух групп тяговых двигателей, поэтому оно подключено к обеим группам тяго-

вых двигателей. Чтобы защитным контуром не замкнуть накоротко эти две точки силовой цепи, установлены добавочные резисторы Р37 и Р38. При замыкании на землю любой точки силовой цепи, например точки I, образуется цепь, показанная на рис. 309 стрелками.

Защита будет срабатывать при замыкании на землю в любой точке цепи вторичной обмотки трансформатора: самой обмотки, переключателя ступеней, выпрямителей, обмоток тяговых двигателей, сглаживающего реактора, индуктивных шунтов и т. д.

На электровозе ВЛ80^р в цепи обмоток возбуждения в рекуперативном режиме для защиты от замыкания на землю применено реле заземления 83, которое, сработав, отключает главный выключатель (рис. 310). Это реле срабатывает при замыкании на «землю» в любой точке цепей возбуждения и обмотки тягового трансформатора с выводами х4-аб. Реле установлено только на 1-й секции. По принципу работы оно ничем не отличается от реле заземления 88.

Защита тяговых двигателей от перегрузки и коротких замыканий. Для защиты от круговых огней, перебросов и недопустимо больших токов в цепи каждого двигателя на электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т и ВЛ80^с установлены реле перегрузки, которые срабатывают, если ток двигателя превышает определенное значение — ток уставки.

Контакты всех реле перегрузки РП1—РП6 (рис. 311) соединены последовательно и включены в цепь питания катушки промежуточного реле 264. При нормальном режиме работы двигателей эти контакты замкнуты, катушка промежу-

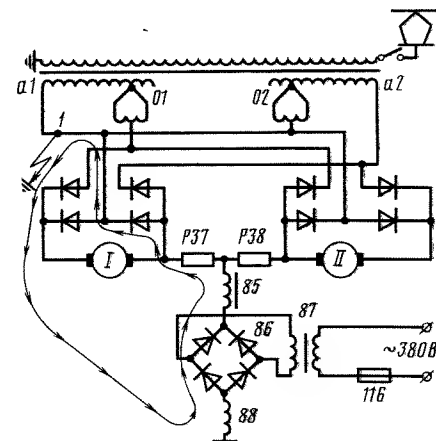


Рис. 309. Схема защиты силовой цепи от замыкания на землю

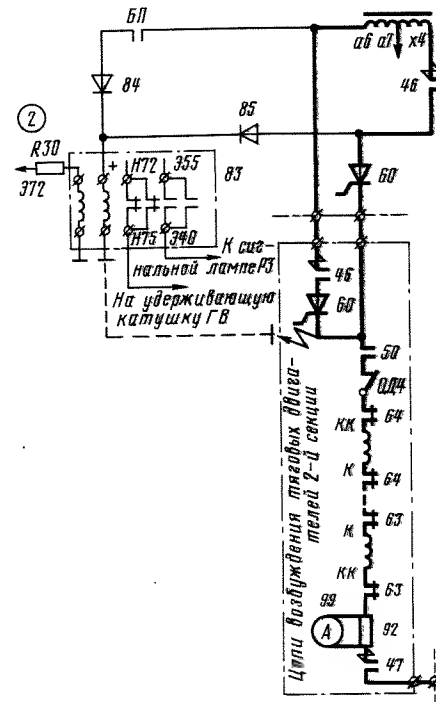


Рис. 310. Схема защиты от замыкания на землю цепей возбуждения

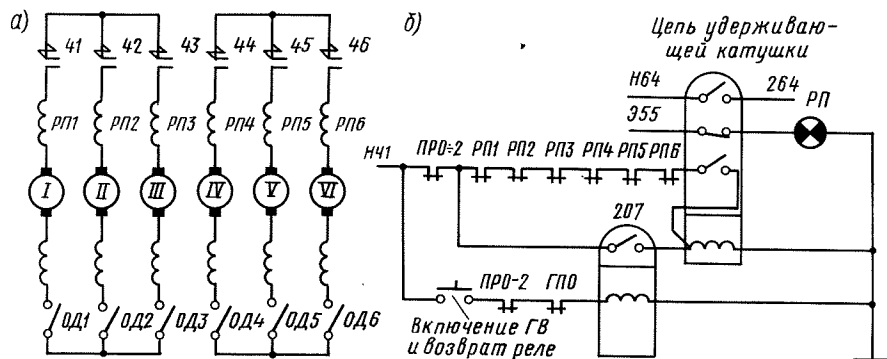


Рис. 311. Схема защиты от перегрузки двигателей электровоза ВЛ60к:

а — силовые цепи; б — цепи управления

ного реле 264 возбуждена. Контакты реле 264 включены в цепь удерживающей катушки главного выключателя. Если в одном из двигателей ток превысит уставку реле перегрузки, оно сработает и своими контактами разорвет цепь питания катушки реле 264. Контакты реле 264 в свою очередь разомкнут цепь удерживающей катушки главного выключателя, и он выключится. Реле перегрузки, кроме того, подают сигнал на пульт управления.

Аналогично выполнена защита двигателей от перегрузки на электровозах ВЛ80^к, ВЛ80^т и ВЛ80^с. Реле перегрузки снабжены сигнализаторами, позволяющими определить, какое из них сработало.

На электровозах ВЛ80^р для защиты тяговых двигателей от коротких замыканий применены быстродействующие автоматические выключатели 51—54, ток уставки которых равен 2000 ± 50 А (см. рис. 260).

Защита тяговых обмоток трансформаторов от токов короткого замыкания на электровозе ВЛ80^р. Для защиты тяговых обмоток а1-х1 и а2-х2 от токов к. з. установлено реле перегрузки РТ1—РТ6 (см. рис. 260), а обмотки а6-х4 — реле перегрузки РТВ1. Сработав, каждое из этих реле отключает главный выключатель 4.

Защита цепи обмоток возбуждения от перегрузок. На электровозах ВЛ80^т, ВЛ80^с и ВЛ80^р цепи обмоток возбуждения тяговых двигателей в режиме электрического торможения защищены от перегрузок с помощью реле перегрузки РТВ1 и РТВ2, воздействующих на электропневматические контакторы 46 и 47 (см. рис. 260).

Защита от перенапряжений. При работе электровоза в его цепи высшего напряжения, а также в силовые цепи могут проникать из контактной сети атмосферные перенапряжения, обусловленные грозовыми разрядами. Для защиты оборудования от этих перенапряжений предусмотрен высоковольтный вилитовый разрядник 5 (см. рис. 252).

В процессе коммутации аппаратов вследствие значительных индуктивностей в цепи, в которых накапливается электромагнитная энергия, могут возникать значительные коммутационные перенапряжения,

в несколько раз превышающие нормальные напряжения. Принимают меры по ограничению уровня этих перенапряжений. Одной из таких мер является шунтирование главных контактов ГВ нелинейным резистором, который поглощает значительную часть электромагнитной энергии, выделяемой в момент разрыва цепи главными контактами выключателя, что существенно снижает уровень возникающих при этом коммутационных перенапряжений.

На вторичной стороне тягового трансформатора для защиты от коммутационных перенапряжений установлены вилитовые разрядники 7 и 8 (см. рис. 255). Кроме того, параллельно вторичной обмотке включены цепочки RC (конденсаторы 49, 50, резисторы Р39, Р40 на электровозе ВЛ60^к, конденсаторы Е1, Е2, резисторы r7, r8 на электровозе ВЛ80^к (см. рис. 259), конденсаторы Е13—Е16, резисторы r13—r16 на электровозах ВЛ80^т и ВЛ80^с (см. рис. 241), конденсаторы 37—40, резисторы R11—R14 на электровозе ВЛ80^р (см. рис. 260). Цепочки RC поглощают электромагнитную энергию, запасенную в обмотках трансформатора. Емкости цепочек вместе с индуктивностью силовой цепи образуют колебательный контур, в котором протекает затухающий переменный ток. Часть энергии перенапряжений, которую приняли на себя конденсаторы, затем рассеивается в резисторах по время протекания затухающего тока.

Выпрямительные установки, укомплектованные лавинными вентилями, также способны гасить возникающие коммутационные перенапряжения определенного уровня. При перенапряжениях, превышающих напряжения лавинообразования плеча выпрямительного моста, действие вентиля подобно действию разрядника. Однако нецелесообразно возлагать на выпрямительную установку функции защиты от перенапряжений.

Действия устройств защиты от коммутационных перенапряжений должны быть увязаны таким образом, чтобы напряжение лавинообразования плеча выпрямительной установки было ниже уровня напряжения, ограничиваемого цепочкой RC, а оно в свою очередь — ниже уставки коммутационных разрядников.

Генераторная защита. В случае переброса по коллектору одного из параллельно включенных тяговых двигателей в силовой цепи возникает генераторный режим. Параллельно включенные тяговые двигатели оказываются как бы замкнутыми накоротко цепью двигателя, на котором произошел переброс по коллектору, и переходят в генераторный режим; их возбуждение поддерживается благодаря наличию цепей, шунтирующих обмотки возбуждения.

Генераторный ток может быть значительным и способен вызвать серьезные повреждения двигателей. Во избежание этого на электровозах ВЛ60^к предусмотрена генераторная защита — полупроводниковые диоды ВК1—ВК3 (рис. 312, б) в цепи ослабления возбуждения тяговых двигателей.

При отсутствии такой защиты генераторный ток протекал бы по цепи, показанной на схеме рис. 312, а стрелками. Как видим, в якорь двигателя, на котором произошел переброс по коллектору, генераторный ток i_g суммируется с током короткого замыкания, совпадая с ним по направлению. В цепи двигателей, работающих в генераторном режиме, ток i_g проходит по резисторам ослабления возбуждения, так как обмотка возбуждения обладает большим индуктивным сопротив-

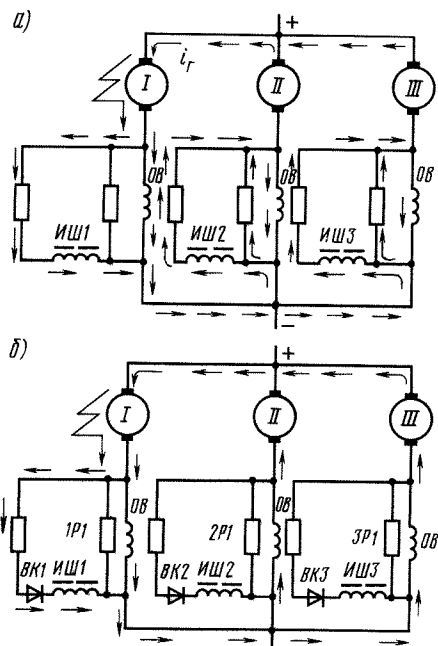


Рис. 312. Прохождение тока в цепи тяговых двигателей в генераторном режиме при отсутствии (а) и наличии (б) генераторной защиты

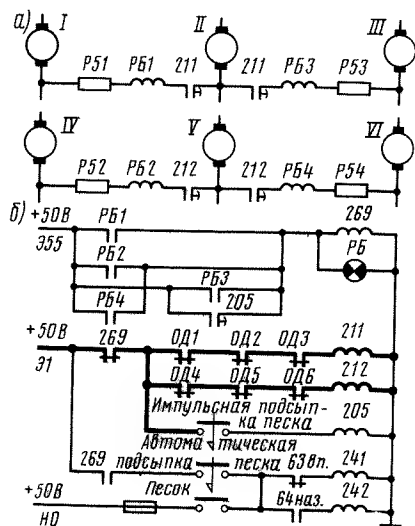


Рис. 313. Схема защиты от боксования электровоза ВЛ60^к

лением, вследствие чего поддерживается генераторный режим в цепи.

При наличии генераторной защиты (см. рис. 312) диоды не пропускают генераторный ток i_r через резисторы и он в двигателях II и III проходит через их обмотки возбуждения, шунтированные резистором 2Р1 и 3Р1 постоянного ослабления возбуждения.

Энергия, запасенная в обмотках возбуждения этих двигателей, разряжается на резисторы 2Р1 и 3Р1. Поскольку их сопротивление значительно, генераторный ток проходит главным образом через обмотки возбуждения двигателей II и III в направлении, обратном тому, какое было при тяговом режиме. В результате этого магнитный поток возбуждения быстро уменьшается, а время протекания генераторного тока и сам ток значительно снижаются. Таким образом, защита локализует генераторный режим при перебросе по коллектору одного из тяговых двигателей.

На восьмиосных электровозах, на которых тяговые двигатели соединены по два параллельно, генераторная защита не предусмотрена.

Защита от нестационарных режимов. При резком повышении напряжения или восстановлении его после кратковременного снятия возрастающий скачком ток в цепи двигателей в случае применения ослабления возбуждения будет стремиться пройти преимущественно через резисторы, шунтирующие обмотки возбуждения. Значительная индуктивность обмоток возбуждения препятствует резкому нарастанию тока в них. Это может вызвать дополнительное ослабление возбуждения двига-

телей, возрастание нагрузки якорей, а в отдельных случаях и круговой огонь по коллектору. Во избежание этого для более равномерного распределения тока при неустановившихся процессах между обмоткой возбуждения и шунтирующими резисторами в цепь последних включены индуктивные шунты (например, ИШ1-ИШ3 на рис. 312).

Защита от боксования. При неблагоприятных метеорологических условиях, а также в случае неудовлетворительного состояния рельсового пути может возникнуть боксование колесных пар, опасное для тяговых двигателей и нарушающее режим ведения поезда. Чтобы прекратить боксование, под боксующие колеса необходимо подать песок, а в некоторых случаях перейти с ослабленного возбуждения двигателей на нормальное или сбросить несколько позиций группового переключателя ступеней.

Важно быстро прекратить боксование — до того, как оно станет интенсивным. Поэтому на электровозах предусмотрена специальная защита от боксования. На электровозах ВЛ60^к в каждой группе из трех тяговых двигателей между якорями и обмотками возбуждения включены реле боксования РБ1-РБ4 (рис. 313). В цепь этих реле введены добавочные резисторы Р51-Р54 и контакты реле времени 211 и 212.

Нормально, когда нет боксования колесных пар, катушки реле РБ обесточены, так как они подключены к однопотенциальным точкам схемы. Если же возникнет боксование, то ток в цепи двигателя боксующей оси уменьшится и в точках подключения реле боксования появится разность потенциалов, в результате чего реле сработают и своими контактами замкнут цепь питания промежуточного реле 269. Последнее замкнет свои контакты в цепи возбуждения вентиля подачи песка и одновременно разорвет цепь катушек реле времени 211 и 212. Реле времени 211 и 212 через 1—1,5 с сработают и прервут цепь катушек реле боксования, подача песка прекратится. Если к этому времени боксование не прекратилось, то реле снова сработают и подача песка возобновится.

Таким образом, во время боксования тяговых двигателей реле боксования РБ1—РБ4 периодически срабатывают и обеспечивают автоматическую подачу песка под колесные пары. При срабатывании реле загорается белая сигнальная лампа РБ на пульте машиниста.

Промежуточное реле 269 и реле времени 211 и 212 составляют пульс-пару, которая обеспечивает импульсную периодическую подачу песка под колеса электровоза во время боксования. Подача песка может быть осуществлена и вручную соответствующей кнопкой. В этом случае возбуждается реле 205, которое воздействует на промежуточное реле 269. Реле 205, заменяющее реле боксования и реле времени, имеет выдержку времени на отключение 1,2—2 с, после чего прекращается подача песка. Затем оно снова возбуждается, и процесс подачи песка повторяется. В этой системе пульс-пару составляют реле 205 и 269.

Аналогично выполнена защита от боксования на электровозах ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^с и ВЛ80^р.

Защита выпрямительных установок от коротких замыканий. Если в результате накопления пробитых вентилях или по другим причинам произошел сквозной пробой плеча выпрямительного моста, то одна из полуобмоток трансформатора через исправное плечо в прямом

направлении и через пробитое плечо в обратном замыкается накоротко. В этом контуре протекает аварийный прерывистый ток (до 20 кА), который опасен как для вентиля исправного плеча, так и для электрооборудования этой цепи (обмоток трансформатора, переключателей и др.). Кроме того, сквозной пробой плеча влечет за собой появление генераторных токов в тяговых двигателях. В этом случае необходимо обеспечить быстрое отключение питающего напряжения. Защита от коротких замыканий (см. § 110), контролирующая ток в первичной обмотке, как отмечалось, имеет на низких позициях мертвую зону и срабатывает недостаточно быстро, в результате чего могут возникнуть повреждения вентиля в исправном плече выпрямительного моста.

На электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т и ВЛ80^с устанавливают дифференциальную защиту, которая смонтирована в виде блока БРД. Дифференциальная защита действует значительно быстрее, чем другие защиты, и срабатывает не только при сквозном пробое плеч, но и в других аварийных режимах.

Рассмотрим, как протекают аварийные токи через БРД в случае сквозных пробоев различных плеч (рис. 314). Известно, что на электровозах ВЛ60^к, ВЛ80^к, ВЛ80^т и ВЛ80^с группы тяговых двигателей (условно I и II) питаются попеременно: сначала от одной полуобмотки, а затем от другой. В один полупериод, условно назовем его *а*, когда напряжение направлено слева направо, на тяговые двигатели I напряжение подается через плечи выпрямительной установки I и 3 от «своей» обмотки трансформатора *а1-01*, а на тяговые двигатели II — через плечи 5 и 7 от обмотки *02-а2*.

В следующий полупериод, условно назовем его *б*, когда напряжение направлено справа налево, к двигателям I подводится напряжение через плечи 2 и 4 выпрямительной установки от обмотки *а2-02*, а к двигателям II — через плечи 6 и 8 от обмотки *01-а1*. В третий полупериод создается цепь такая же, как в полупериод *а*, в четвертый — как в полупериод *б* и т. д.

Блок БРД включен между выводами вторичной обмотки *а1* и выводом переходного реактора *О_н*. В полупериод *а* через БРД ток не протекает, а в полупериод *б* через него протекают два встречно направленных тока. Если ток двигателей I равен току двигателей II, то и в этот полупериод в БРД тока не будет. Если же токи двигателей I и II не равны (например, на несимметричных четных позициях), то через БРД будет протекать небольшой уравнивающий ток.

Какова в действительности цепь тока в полупериод *б*? При одинаковых режимах в обеих половинах силовой цепи в полупериод *б* ток направлен от вывода *а1* по плечу 2, через тяговые двигатели I, плечо 4, обмотку *а2-02*, плечо 6, тяговые двигатели II, плечо 8, обмотку *01-а1*. Если включить амперметр в цепь блока, то он покажет, что тока в ней нет. Цепь БРД можно разорвать, и режим работы двигателей (при равных токах двигателей I и II) не изменится. Несмотря на то что ток в этом случае протекает через многие элементы, это не последовательное соединение двух групп, а независимое. При последовательном соединении ток всегда во всех элементах последовательной цепи одинаков независимо от режимов. В нашем же случае в полупериод *б* цепи двух обмоток работают

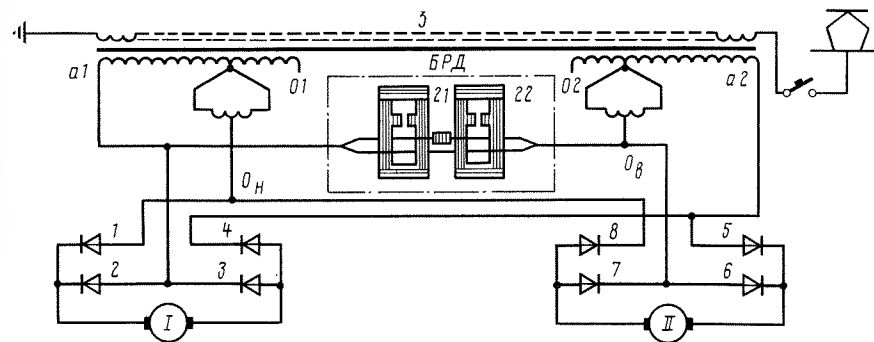


Рис. 314. Схема защиты выпрямительных установок от коротких замыканий с помощью БРД

независимо одна от другой. Изменение режима в одной цепи (например, если отключить один двигатель) не скажется на режиме работы другой. Можно совсем отключить двигатели I, а двигатели II будут продолжать работать. В этих случаях в цепи БРД появится соответствующий уравнивающий ток.

Рассмотрим теперь, когда и как будет реагировать БРД на пробой плеч выпрямительных установок. Следует иметь в виду, что сквозной пробой плеча происходит и приводит к аварийному режиму только в нерабочий полупериод, когда к плечу приложено обратное напряжение, а ток через него не проходит. В другой рабочий полупериод через пробитое плечо ток в прямом направлении протекает точно так же, как если бы оно было исправным.

В случае сквозного пробоя плеча I в нерабочий для него полупериод *б* оказывается накоротко замкнутой обмотка *01-а1* по цепи: вывод *а1*, плечо 2, пробитое плечо I, участок *О_н-а1*. Блок БРД исключен из аварийной цепи. Поскольку обмотка *01-а1* замкнута накоротко, к тяговому двигателю II питание не подводится. Тяговые двигатели I от обмотки *а2-02* будут по-прежнему получать питание. Следовательно, через БРД со стороны обмотки *а2-02* протекает рабочий ток двигателей I, от которого дифференциальная защита срабатывать не должна.

В случае сквозного пробоя плеча 2 та же обмотка *а1-01* окажется замкнутой накоротко (та же цепь), но теперь уже в нерабочий для плеча 2 полупериод *а*. Через БРД ток не протекает и защита не срабатывает. При сквозном пробое плеча 3 или 4 обмотка *а2-02* окажется замкнутой через блок дифференциальных реле по цепи: вывод *О_н*, БРД, плечо 3, плечо 4, вывод *а2*. Пробитое плечо 3 можно будет обнаружить в полупериод *б*, а плечо 4 — в полупериод *а*. Дифференциальная защита в этих случаях сработает. Если пробито плечо 5 или 6, замыкается накоротко обмотка *а2-02*, ток не проходит через БРД и дифференциальная защита не срабатывает. В случаях пробоя плеч 7 или 8 замыкается накоротко обмотка *а1-01* через БРД, что вызывает срабатывание защиты.

Дифференциальная защита реагирует не только на сквозные пробой плеча, но и на короткие замыкания в цепях вторичной

обмотки трансформатора, в том числе и на перебросы в тяговых двигателях. Так, если в полупериод δ произойдет перекрытие по коллектору у одного из двигателей, уравнильный ток, проходящий через блок, начнет быстро нарастать, что приведет к срабатыванию защиты. Дифференциальная защита действует в несколько раз быстрее, чем защита от перегрузки.

Защита выпрямительно-инверторных преобразователей. На электровозах ВЛ80^Р защита выпрямительно-инверторных преобразователей от коротких замыканий и при опрокидывании инвертора осуществляется автоматическими выключателями 51—54 (см. рис. 260). Для защиты ВИП при одиночном пробое тиристоров применены блоки защиты 101, 102. Выходные реле P этих блоков включают сигнальные лампы ВП61, ВП62 в кабинах машиниста. Работоспособность преобразователей 61, 62 при одиночном пробое тиристоров сохраняется.

Защита преобразователей при сквозном пробое плеча осуществляется реле перегрузки $PT1—PT6$, которые отключают главный выключатель.

Защита группового переключателя. Для надежной работы дугогасительных устройств необходима достаточно большая скорость расхождения контактов, при которой не может образоваться устойчивая дуга между контактами. Скорость расхождения контактов зависит от частоты вращения вала переключателя ступеней: вал должен повернуться с нулевой до 33-й позиции не более чем за 28 с (при напряжении 50 В).

Замедленное вращение кулачкового вала, а в некоторых случаях и остановка между позициями возможны по разным причинам. К наиболее вероятным следует отнести большое сопротивление загустевшего при морозе масла приводного механизма, уменьшение вращающего момента приводного двигателя (пониженное напряжение в цепях управления или сдвиг с нейтрали щеткодержателей), ненормальности в цепи управления переключателя ступеней и т. п. Для предотвращения загустевания масла в редукторе переключателя ступеней на электровозах последних выпусков предусмотрен подогреватель.

Контроль за скоростью поворота кулачкового вала и безостановочным движением его между фиксированными позициями осуществляется с помощью реле времени, контакты которого размыкаются с определенной выдержкой времени, если прекращается питание его катушки. Если кулачковый вал переключателя ступеней задержится более чем на 2—2,5 с или совсем остановится между фиксированными позициями, то за это время при обесточенной катушке реле якорь отпадет, а контакты реле разорвут цепь удерживающей катушки главного выключателя, который и отключится.

Для уменьшения подгара и износа разрывных контактов контакторных элементов с дугогашением А, Б, В и Г и улучшения состояния дугогасительных камер ЭКГ переходный реактор шунтирован конденсаторами 163 и 164 (см. рис. 255), на которые разряжается электромагнитная энергия, запасенная в обмотках переходного реактора, при размыкании контакторных элементов А, Б, В и Г. Защита вторичной обмотки тягового трансформатора от короткого замыкания в случае повреждения конденсаторов осуще-

ствляется предохранителями 161 и 162. Конденсаторные батареи шунтированы разрядными резисторами, что исключает возможность поражения обслуживающего персонала емкостным разрядом в случае перегорания предохранителей 161 и 162. На электровозах ВЛ80^к последних выпусков, а также на электровозах ВЛ80^т полуобмотки переходных реакторов шунтированы не конденсаторами, а разрядными резисторами $r7—r10$ (см. рис. 241).

Защита силовых цепей электровозов ВЛ80^т и ВЛ80^с в режиме реостатного торможения. Помимо устройств, предусмотренных для защиты в режиме тяги, на электровозах ВЛ80^т и ВЛ80^с имеется дополнительная защита, связанная с применением реостатного торможения.

Тормозные резисторы $P7—P8$ защищены от перегрузок токовыми реле $PPT1—PPT4$, каждое из которых включено последовательно с тормозным резистором в цепь якоря двигателя в режиме реостатного торможения (см. рис. 241). Если ток в цепи превышает уставку этих реле, они срабатывают и своими контактами разрывают цепь катушек контакторов 46 и 47. Контактors 46 и 47 выключаются, и прекращается питание цепи обмоток возбуждения двигателей, а следовательно, и реостатное торможение.

Защита от перегрузки цепи возбуждения в тормозном режиме осуществляется токовым реле $PTB2$, которое устанавливается только в 1-й секции электровоза. Реле $PTB2$, сработав, также вызывает отключение контакторов 46 и 47, которые разрывают цепь возбуждения тяговых двигателей. Повторное включение контакторов 46, 47 возможно при включенном реле 270, что обеспечивается только в положении Π тормозной рукоятки КМЭ. Аналогично осуществляется и повторное включение контакторов 51—54.

Защита от сквозного пробоя тиристоров плеча выпрямительной установки возбуждения 60 и от токов к.з. в цепи обмоток возбуждения в тормозном режиме осуществляется максимальным токовым реле $PTB1$, установленным на 1-й секции электровоза. Контакты этого реле введены в цепь удерживающей катушки главного выключателя. При срабатывании этого реле отключается главный выключатель 1-й секции.

Для защиты от перенапряжений вторичные обмотки трансформаторов постоянного тока $TPTB$ и $TPTA$ шунтированы нелинейными резисторами, что позволяет снизить напряжение в их цепях с 1800 до 300—500 В.

Защита от юза. На электровозах ВЛ80^т для защиты от юза в тормозном режиме предусмотрена панель (рис. 315), на которой установлены реле $P3Ю1, P3Ю2$ и $P3Ю3, P3Ю4$.

В тормозном режиме при значительных токах якоря и, следовательно, больших тормозных усилиях может возникнуть проскальзывание колес по рельсам, т. е. юз. Реле $P3Ю1—P3Ю4$ включены в равнопотенциальные точки цепи

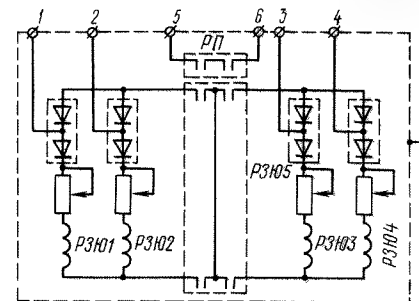


Рис. 315. Схема панели защиты от юза электровоза ВЛ80^т

якорей тяговых двигателей. Реле срабатывают при разности потенциалов между этими точками, равной 100 В (см. рис. 241).

Срабатывание защиты от юза приводит к резкому снижению тока возбуждения и соответственно тормозной силы тягового двигателя юзующей колесной пары вследствие шунтирования его обмотки возбуждения. Для шунтирования этих обмоток используют те же самые контакторы, резисторы и индуктивные шунты, которые в режиме тяги используются для ослабления возбуждения тяговых двигателей третьей ступени (ослабление возбуждения 43%).

При срабатывании защиты подается напряжение на сигнальную лампу РБ и электропневматический клапан песочниц.

§ 111. Защита вспомогательных цепей отечественных электровозов

Защита от перегрузки вспомогательных машин электровоза. Вспомогательная цепь в целом защищена от токов коротких замыканий на электровозах ВЛ60^к общим плавким предохранителем 113, а на ВЛ80^к, ВЛ80^т, ВЛ80^с и ВЛ80^р — токовым реле 113, которое, сработав, вызывает отключение главного выключателя. Каждый асинхронный двигатель имеет свою защиту от перегрузки. Ток через статорные обмотки асинхронных двигателей при неизменной мощности на валу зависит от значения, формы и симметрии трехфазного напряжения, подводимого к двигателю. Как при снижении, так и при увеличении напряжения, а также в случае искажения его синусоидальной формы ток в статорной обмотке увеличивается. Продолжительная работа асинхронного двигателя с большим током может привести к превышениям температуры и повреждению обмотки.

Опасным аварийным режимом для асинхронного двигателя является остановка при чрезмерном снижении напряжения: двигатель находится как бы в режиме короткого замыкания. При потере питания одной из трех фаз асинхронного двигателя токи в его обмотке увеличиваются примерно в 2 раза. Во всех этих случаях статорная обмотка сильно перегревается, и если своевременно не отключить асинхронные двигатели, то возможно их повреждение.

Защита от перегрузки вспомогательных машин выполнена на тепловых реле.

Рассмотрим защиту асинхронного двигателя мотор-насоса МН (рис. 316), аналогично которой выполнены защиты всех других вспомогательных машин электровоза. Электромагнитный контактор 136 включается и остается замкнутым при подаче на его катушку напряжения 50 В. Цепь питания катушки проходит через размыкающие контакты тепловых реле перегрузки (термореле) 158 и 160. Благодаря последовательному соединению контактов обоих термореле срабатывание любого из них приводит к разрыву цепи катушки контактора, т. е. к его отключению. После устранения перегрузки реле возвращаются в исходное положение, для чего предусмотрен их самовозврат.

Цепи электрических печей кабины машиниста, обогревателей санузла, обогревателей спускных кранов, трансформаторы напряжения 87, 112, 114 (см. рис. 273), вольтметры 97, 98, а также

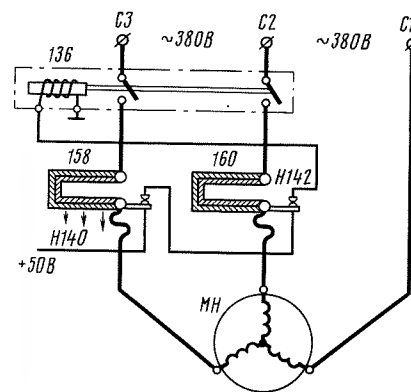


Рис. 316. Схема защиты от перегрузки двигателя масляного насоса

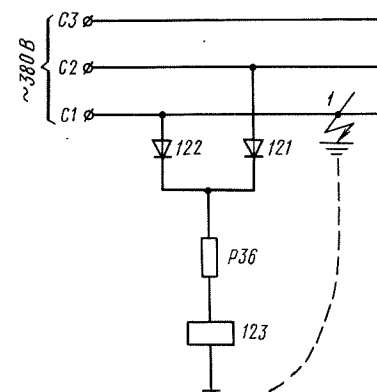


Рис. 317. Схема защиты от пробоя на землю вспомогательных цепей

вольтметровой обмотки счетчика электроэнергии 103 защищены от коротких замыканий плавкими предохранителями.

Земляная защита вспомогательных цепей. Вспомогательные цепи не соединены с землей, поэтому нарушение изоляции и замыкание на корпус какой-либо одной точки цепи не вызывают аварийного режима. Однако если затем нарушится изоляция и во второй точке, то образуется цепь короткого замыкания и возникнут большие токи, опасные для электрооборудования. Поэтому на электровозе ВЛ60^к применена земляная защита вспомогательных цепей (рис. 317): установлено реле контроля изоляции 123, которое при нарушении изоляции этих цепей замыкает своими контактами цепь сигнальной лампы РЗ, РКЗ (см. рис. 297).

Генераторная фаза C2 и фаза C1 (см. рис. 317) вспомогательной обмотки трансформатора через селеновые выпрямители 121, 122 и общий резистор Р36 подключены к реле 123, второй конец катушки которого соединен с корпусом электровоза. При нарушении изоляции, например в точке 1, к катушке реле будет приложено выпрямленное напряжение и реле сработает. При этом оно замкнет свой контакт в цепи красной лампы РКЗ, сигнализирующей о нарушении изоляции в системе вспомогательных цепей. Таким образом, земляная защита во вспомогательных цепях только сигнализирует о нарушении изоляции.

На электровозах ВЛ80^к, ВЛ80^т и ВЛ80^р применена аналогичная защита. С целью снижения уровня возникающих перенапряжений обмотка собственных нужд трансформатора шунтирована конденсатором.

§ 112. Защита силовых и вспомогательных цепей электровоза ЧС4

Общая защита силовых цепей электровоза. Со стороны высшего напряжения силовые цепи защищены главным воздушным выключателем 006 (см. рис. 254). Разъединитель главного выключателя в

отключенном состоянии заземляет автотрансформаторную обмотку тягового трансформатора. Главный выключатель отключается в результате воздействия на него ряда защитных устройств, объединенных в блоке 850 (рис. 318), которые срабатывают в следующих случаях:

- перегрузка вентилей выпрямительных установок;
- пробой двух вентилей в плече выпрямительного моста;
- замедленное вращение коленчатого вала пневмодвигателя переключателя ступеней (более 0,7 с) или застревание его в положениях I, II, III, IV, при этом размыкаются контакты реле времени 356, что приводит к разрыву цепи реле 375 главного выключателя (см. рис. 286);

- скопление газов или сильная утечка масла в баке тягового трансформатора, в результате чего срабатывает газовое реле Бухгольца и разрывает цепь реле 375;

- короткое замыкание в автотрансформаторной обмотке тягового трансформатора;

- пробой переключателя ступеней или обмоток тягового трансформатора на корпус (земля);

- перегрузка тяговых двигателей — срабатывает реле максимального тока 025—027 (см. рис. 271) в цепи двигателей;

- остановка одного из мотор-вентиляторов, т. е. прекращение охлаждения выпрямительных установок, тяговых двигателей или сглаживающих реакторов, когда переключатель ступеней находится на позиции выше 1-й. При этом блок-контакты воздушоструйных реле 426—429 или 437—440 разрывают цепь реле 371, которое в свою очередь с выдержкой времени разрывает цепь катушки реле 375 отключения ГВ (см. рис. 286);

- размыкание одной из блокировок безопасности, при этом выключается реле 380 и своими контактами разрывает цепь реле отключения ГВ (см. рис. 286);

- сильное снижение напряжения в контактной сети, в результате чего напряжение на обмотке собственных нужд тягового трансформатора становится ниже 180 В;

- снижение давления воздуха в резервуаре ГВ ниже 705,6 кПа (7,2 кгс/см²);

- перегрузка в цепях отопления.

Выключение главного выключателя происходит при прекращении питания его удерживающей катушки. Разрыв ее цепи осуществляется размыкающими контактами выходного (промежуточного) реле 852 (см. рис. 318) защитного блока, катушка которого получает питание через замыкающие контакты одного из защитных реле. Таким образом, когда срабатывает защитное реле, оно своими контактами подает питание на катушку выходного реле 852. Одновременно с катушкой реле 852 получает питание и катушка соответствующего сигнального реле, которое своими замыкающими контактами создает вторую цепь питания катушки реле 852, а также собственной катушки (так называемая цепь самоподхвата). Таким образом, продолжается питание катушки реле 852 и после выключения ГВ, когда обесточена катушка защитного реле. По выпавшему флажку сигнального реле можно определить, какая защита сработала и вызвала отключение ГВ. Восстановление нормального положения

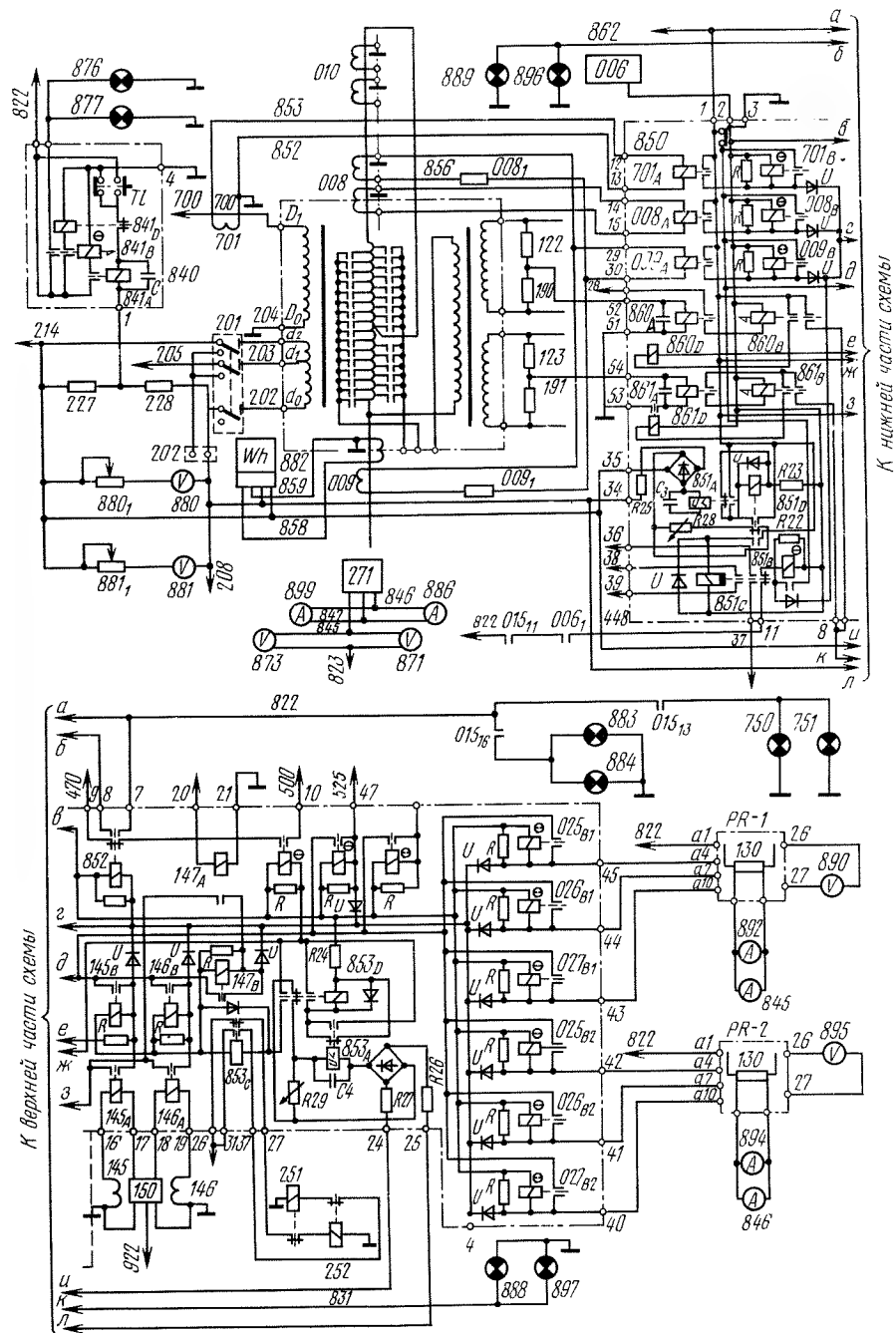


Рис. 318. Схема защиты силовых цепей электровоза ЧС4

защиты производится нажатием кнопки блока. При этом прекращается питание катушки сигнального реле, а значит, и катушки выходного реле 852.

Защита при пробое плеча или коротком замыкании выпрямительной установки. При появлении в шине, идущей от вторичной обмотки тягового трансформатора к выпрямительному мосту, тока более 5800 А срабатывают реле 145_А или 146_А в защитном блоке 850. Контакты этих реле замкнутся, и будет подано питание на катушку выходного реле 852 (через разделительные диоды). Якорь реле 852 в блоке защиты 850 притянется, и разомкнутся его контакты в цепи удерживающей катушки ГВ (см. рис. 286), что приведет к отключению ГВ. Одновременно замкнутся контакты реле 852 в цепи сигнальных ламп 889 и 896 (см. рис. 308, 318).

Защита при пробое двух и более вентилях в плече выпрямительной установки. В этом случае срабатывает реле защиты, которое по проводу 525 подает питание через разъединительный вентиль на катушку выходного реле 852 и одновременно на катушку сигнального реле 862, которое создает цепь самоподхвата. По выпавшему флажку машинист определяет, что ГВ отключился в результате срабатывания защиты от пробоя вентилях выпрямительной установки. После отключения ГВ реле защиты отключается, но катушки реле 852 и 862 остаются под напряжением до тех пор, пока не будет нажата восстанавливающая кнопка, которая прервет цепь самоподхвата реле 862.

Защита автотрансформатора от коротких замыканий или перегрузок. Если ток в обмотке автотрансформатора превысит 440 А, трансформатор тока 008, включенный до автотрансформаторной обмотки, подаст импульс на срабатывание реле 008_А в защитном блоке 850. Замкнувшись, контакты реле 008_А создадут цепь питания катушки реле 852 через разделительный диод; одновременно будет подано питание на катушку сигнального реле 008_В, которое создаст цепь самоподхвата, как было описано ранее. В результате прервется цепь удерживающей катушки ГВ, главный выключатель отключится, будет подано напряжение на сигнальные лампы 889 и 896, а также выпадет флажок сигнального реле 008_В, указывая на причину отключения ГВ.

Дифференциальная защита тягового трансформатора. Трансформаторы тока 008 и 009, включенные на входе и выходе автотрансформаторной обмотки, соединены встречно, а к ним параллельно подключена катушка реле 009_А защитного блока 850. Если вследствие пробоя на корпус (земля) в автотрансформаторной обмотке или в первичной обмотке тягового трансформатора разность тока на входе и выходе достигнет 82 А, сработает реле 009_А. При этом будет создана цепь питания катушки реле 852, что приведет к отключению главного выключателя и срабатыванию сигнального реле 009_В. Работа защиты аналогична рассмотренной выше.

Защита тяговых двигателей. Если вследствие переброса по коллектору, короткого замыкания или перегрузки ток в цепи тягового двигателя достигнет 1800 А, сработает соответствующее реле максимального тока (025—027) и своими контактами создаст цепь питания катушки реле 852, а также подаст питание на сигнальные реле 025_{В1}—027_{В1} для двигателей первой тележки или 025_{В2}—027_{В2} для

двигателей второй тележки. Это приведет к отключению главного выключателя, загоранию сигнальных ламп 889 и 896, а также к выпадению флажка соответствующего сигнального реле.

Защита от понижения напряжения в контактной сети. Если вследствие понижения напряжения в контактной сети на выводах d0-d2 обмотки собственных нужд тягового трансформатора напряжение снизится до 180 В, отключится реле 851_А в защитном блоке 850. Катушка реле 851_А подключена к выводам d0-d2 обмотки собственных нужд через выпрямительный мост. При отпадании якоря реле 851_А его контакты размыкают цепь катушки реле 851_В, контакты которого в свою очередь шунтируют катушку реле 851_В. Таким образом, отпадает якорь реле 851_В и своими замыкающими контактами отключает реле 851_С. В свою очередь контакты реле 851_С создают цепь питания катушки выходного реле 852 от провода 822 через блок-контакты 015_{II} переключателя ступеней, замкнутые на всех рабочих позициях, блок-контакты 006_I главного выключателя, замкнутые при включенном главном выключателе, и разделительный диод. Одновременно от того же провода 822 получает питание сигнальное реле 851_В, которое создает цепь самоподхвата через восстанавливающую кнопку. Контакты реле 851_С размыкают цепи катушек реле 375 и контактора 406 (см. рис. 318). Таким образом, при сильном понижении напряжения в контактной сети отключится главный выключатель и контактор управления вспомогательными машинами 406.

Переключение питания потребителей переменного тока при снижении напряжения в контактной сети. С помощью трех реле 853 защитного блока производится автоматическое переключение питания потребителей переменного тока с вывода d1 на вывод d2 обмотки собственных нужд тягового трансформатора в случае снижения напряжения в контактной сети.

Реле 853_А через выпрямительный мост подключено к выводам d0-d2 обмотки собственных нужд. При напряжении на этих выводах 260 В реле 853_А включается и своими контактами замыкает цепь питания реле 853_В, которое в свою очередь включает реле 853_С. При этом размыкаются контакты реле 853_С в цепи катушки электромагнитного контактора 252 и замыкаются в цепи катушки электромагнитного контактора 251, который подключает потребители переменного тока к выводам d0-d1 обмотки собственных нужд (218 В).

Если напряжение на выводах обмотки собственных нужд снизится до 229 В, выключается реле 853_А, которое отключает реле 853_В, а оно в свою очередь — реле 853_С. Контакты реле 853_С разрывают цепь питания катушки контактора 251 и замыкают цепь питания катушки контактора 252. Контакторм 252 потребители переменного тока подключаются к выводам d0-d2 обмотки собственных нужд. Блок-контакты контакторов 251 и 252 в цепи катушек допускают включение второго контактора только после отключения первого, что исключает одновременное включение контакторов 251 и 252, так как при этом они замкнули бы накоротко часть обмотки собственных нужд между выводами d1 и d2, что недопустимо.

Защита цепей отопления поезда. Реле 701_А защитного блока 850 получает питание от трансформатора тока 701, встроенного в шину цепи отопления поезда. Если в шине вследствие перегрузки или

короткого замыкания ток достигнет 320 А, якорь реле 701_А притянется, замкнутся его контакты и создадут цепь питания катушки выходного реле 852 (через разделительный диод), а также цепь питания катушки сигнального реле 701_В. Это приведет к отключению главного выключателя, загоранию сигнальных ламп 889 и 896 и выпаданию флажка реле 701_В.

Защита от пробоя на землю. В случае заземления силовой цепи (пробоя на корпус или переброса) сработает сигнализация, осуществляемая с помощью двух реле заземления—860_А и 861_А. Каждое из них одним проводом соединено с корпусом электровоза, а другим—со вторичной обмоткой тягового трансформатора. Если в силовой цепи произойдет замыкание на землю, катушка реле заземления получит питание, включится и своими контактами создаст цепь питания сигнального реле 860_В (861_В) от провода 822.

Сигнальное реле становится на защелку и своими контактами замыкает цепь питания сигнальной лампы 888 (897). Одновременно создается цепь питания катушки реле 860_Д (861_Д), которое размыкающими контактами рвет цепь питания катушки реле заземления. Теряет питание и катушка реле 860_В (861_В), но реле находится на защелке, поэтому катушка реле 860_Д продолжает получать питание, а сигнальная лампа гореть.

Восстановление сигнального реле производится отдельной кнопкой в защитном блоке 850.

Защита от перенапряжений. Защита силовых и вспомогательных цепей от атмосферных перенапряжений осуществляется с помощью высоковольтного вилитового разрядника 007 (см. рис. 254), включенного до главного выключателя.

На электровозах ЧС4 главные контакты воздушного выключателя не шунтированы нелинейными резисторами. Уровень возникающих коммутационных перенапряжений, воздействующих на цепи выпрямительных установок и тяговых двигателей, ограничивается цепочками RC (см. рис. 254), включенными параллельно вторичным обмоткам тягового трансформатора. Цепочки RC состоят из трех последовательно соединенных резисторов по 2,4 Ом и конденсаторов общей емкостью 24 мкФ. Цепочка RC защищена предохранителем. На вторичной стороне коммутационные разрядники не установлены. Такую защиту от коммутационных перенапряжений нельзя признать достаточно надежной.

Выпрямительные мосты вспомогательной цепи также защищены цепочками RC (см. рис. 277), в которых резистор сопротивлением 300 Ом соединен параллельно с конденсаторами общей емкостью 96 мкФ и подключен к выпрямительному мосту через диод.

Защита тяговых двигателей от боксования. Эта защита осуществляется дифференциальными реле боксования 111, 112 (см. рис. 271). Датчиками дифференциальных реле боксования являются проходные магнитные усилители (трансдукторы), к каждому из них присоединено по два тяговых двигателя. Токи двух двигателей в магнитных усилителях создают разнонаправленные магнитные потоки, которые при нормальной работе двигателей взаимно уравновешиваются. При боксовании одной из колесных пар создается разность токов и соответственно разность магнитных потоков, в результате чего соответствующее дифференциальное реле срабатывает, приводит в

действие сигнализацию боксования и обеспечивает подсыпку песка под колесные пары.

Защита вспомогательных цепей от коротких замыканий и перегрузок. Вспомогательные цепи защищены трехполюсным воздушным выключателем 201 (см. рис. 277). Кроме того, в цепи питающих проводов как со стороны переменного, так и со стороны постоянного тока, а также в цепи каждой машины предусмотрены плавкие предохранители.

§ 113. Защита цепей управления

Защита цепей управления на электровозах ВЛ60^к и ВЛ80^к выполнена с помощью плавких предохранителей. На электровозах ВЛ80^т, ВЛ80^с и ВЛ80^р она осуществляется малогабаритными автоматическими выключателями, предназначенными для работы в цепях постоянного тока. На электровозах ВЛ80^т, ВЛ80^с и ВЛ80^р плавкие предохранители сохранены только в отдельных цепях для защиты аккумуляторной батареи, вторичной обмотки преобразователя ТРПШ, серводвигателя группового переключателя ступеней (на ВЛ80^т), двигателя компрессора для подъема токоприемника, т. е. там, где в цепях сравнительно большие токи.

Применение автоматических выключателей существенно облегчает отыскание неисправностей в цепях управления, резко сокращает время, необходимое для обнаружения и устранения неисправностей. Для удобства обслуживания все выключатели, обеспечивающие защиту наиболее ответственных цепей управления, собраны в блоке 215, который размещен в кабине машиниста.

Автоматические выключатели, обеспечивающие защиту цепей освещения, обогрева и др., собраны в блоке 216, который установлен в кузове электровоза.

На электровозах ЧС4 и ЧС4^т защита всех основных цепей управления также осуществляется автоматическими выключателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстрицкий Х. Я., Дубровский З. М. Этапы развития отечественного электровозостроения. Ж-д. трансп., 1976, № 6, с. 20—25.
2. Бочаров В. И., Попов В. И., Тушканов Б. А. Магистральные электровозы переменного тока. М., Транспорт, 1976. 480 с.
3. Мелехов В. Л., Чернюк А. М. Особенности электрического оборудования и схем электровоза ВЛ80^Т. М., Транспорт, 1974. 120 с.
4. Капустин Л. Д., Копанев А. С., Лозановский А. Л. Особенности устройства и эксплуатации электровоза ВЛ80^Р. М., Транспорт, 1979. 175 с.
5. Пассажирские электровозы ЧС4 и ЧС4^Т. В. А. Каптелкин, Ю. В. Колесин и др. М., Транспорт, 1975. 383 с.
6. Электровоз ВЛ60^К. Руководство по эксплуатации/МПС СССР. М., Транспорт, 1976. 352 с.
7. Электровоз ВЛ80^Т. Руководство по эксплуатации/МПС СССР. М., Транспорт, 1977. 568 с.
8. Дубровский З. М., Курчашова В. А., Томфельд Л. П. Электровоз. Управление и обслуживание. М., Транспорт, 1979. 231 с.
9. Электровоз ВЛ80^К. Руководство по эксплуатации/МПС СССР. М., Транспорт, 1978. 431 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
------------------	---

1. Общие сведения о системах энергоснабжения и электровозах

§ 1. Развитие электрической тяги в СССР	4
§ 2. Общая схема питания электрифицированной железной дороги	6
§ 3. Классификация электровозов и принятые обозначения	7
§ 4. Тяговые характеристики электровозов переменного тока	9
§ 5. Общее описание устройства электровоза	11

2. Механическое оборудование

§ 6. Общие сведения	13
§ 7. Рамы тележек	17
§ 8. Колесные пары	21
§ 9. Буксовые узлы	26
§ 10. Рессорное подвешивание	29
§ 11. Тяговые передачи	34
§ 12. Подвешивание тяговых двигателей	39
§ 13. Ударно-сцепные приборы	41
§ 14. Кузов и его опоры	43
§ 15. Вентиляционные устройства	55
§ 16. Песочницы	57

3. Тяговые электродвигатели

§ 17. Условия работы тяговых двигателей	60
§ 18. Характеристики тяговых двигателей	60
§ 19. Особенности коммутации тяговых двигателей	63
§ 20. Общие сведения о конструкции тяговых двигателей	65
§ 21. Остов и полюсы	72
§ 22. Якорь и щеточное устройство	76

4. Способы регулирования режима работы электровозов

§ 23. Общие сведения	83
§ 24. Регулирование напряжения изменением коэффициента трансформации	85
§ 25. Регулирование напряжения на вторичной стороне трансформатора	87
§ 26. Регулирование напряжения на первичной стороне трансформатора	93
§ 27. Регулирование режима работы управляемыми вентилями	96
§ 28. Регулирование режима работы ослаблением возбуждения тяговых двигателей	100

5. Преобразование тока

§ 29. Выпрямление тока	102
§ 30. Инвертирование тока	107

6. Электрическое торможение	
§ 31. Виды электрического торможения	111
§ 32. Автоматическое регулирование тормозной силы при электрическом торможении	115
7. Трансформаторы и реакторы	
§ 33. Общие сведения о трансформаторах	117
§ 34. Тяговые трансформаторы	120
§ 35. Реакторы сглаживающие и переходные	131
8. Преобразовательные установки	
§ 36. Общие сведения	135
§ 37. Вентили	136
§ 38. Конструктивные особенности преобразовательных установок	141
§ 39. Выпрямительные установки электровоза ВЛ80 ^Т	143
§ 40. Выпрямительно-инверторный преобразователь электровоза ВЛ80 ^Р	146
§ 41. Выпрямительные установки электровоза ЧС4 ^Т	151
9. Вспомогательные машины	
§ 42. Общие сведения	153
§ 43. Асинхронные двигатели	154
§ 44. Расщепители фаз	158
§ 45. Двигатели постоянного тока	161
§ 46. Компрессоры и вентиляторы	161
10. Аппараты цепей высшего напряжения и силовых цепей	
§ 47. Общие сведения	164
§ 48. Токоприемники	164
§ 49. Переключатели ступеней	171
§ 50. Реверсоры и тормозные переключатели	183
§ 51. Контактры	187
§ 52. Разъединители и переключатели	193
§ 53. Резисторы силовой цепи	198
§ 54. Индуктивные шунты	200
§ 55. Трансформаторы постоянного тока (датчики тока)	202
11. Аппараты защиты	
§ 56. Главные выключатели	203
§ 57. Разрядники	213
§ 58. Блок дифференциальных реле	215
§ 59. Выключатель быстродействующий ВБ-021	218
§ 60. Защитные и промежуточные реле	219
§ 61. Аппараты защиты вспомогательных цепей	226
§ 62. Помехоподавляющие устройства	227
12. Аппараты цепей управления	
§ 63. Контроллер машиниста	229
§ 64. Блокировочный переключатель. Переключатель режимов	236
§ 65. Электропневматические вентили и клапаны	237

§ 66. Блокировочные устройства безопасности на ограждении высоковольтных камер	239
§ 67. Устройство переключения воздуха	241
§ 68. Блок управления реостатным торможением	242
§ 69. Блок управления выпрямительно-инверторного преобразователя	245
§ 70. Указатель позиций	248
§ 71. Электроизмерительные приборы	249
§ 72. Штепсельные соединения	250
§ 73. Кнопочные выключатели. Посты кнопочные	252

13. Вспомогательное электрическое оборудование

§ 74. Трансформатор ТРПШ и регулятор напряжения	254
§ 75. Распределительный щит	257
§ 76. Аккумуляторная батарея	258

14. Общие сведения об электрических схемах

§ 77. Основные понятия	261
§ 78. Построение цепей высшего напряжения и силовых цепей	266
§ 79. Цепи управления	268

15. Электрические цепи электровоза ВЛ80^Т

§ 81. Цепи высшего напряжения и управление ими	273
§ 82. Вспомогательные цепи и управление ими	280
§ 83. Управление вспомогательными цепями постоянного тока 50 В	289
§ 84. Силовые цепи	291
§ 85. Управление силовыми цепями	301
§ 86. Режим электрического торможения	314
§ 87. Цепи сигнализации	322
§ 88. Система контроля состояния тормозной магистрали	324

16. Цепи высшего напряжения и силовые цепи

§ 89. Цепи высшего напряжения	325
§ 90. Силовые цепи электровозов ВЛ60 ^К и ВЛ80 ^К	328
§ 91. Силовые цепи электровоза ВЛ80 ^Р	332
§ 92. Силовые цепи электровозов ЧС4 и ЧС4 ^Т	343

17. Вспомогательные цепи

§ 93. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ60 ^К	349
§ 94. Вспомогательные цепи электровозов ВЛ80 ^К , ВЛ80 ^С и ВЛ80 ^Р	351
§ 95. Вспомогательные цепи электровозов ЧС4 и ЧС4 ^Т	355

18. Управление цепями высшего напряжения и вспомогательными цепями

§ 96. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ60 ^К	361
§ 97. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ80 ^К	364
§ 98. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ80 ^Р	368
§ 99. Управление цепью высшего напряжения электровозов ЧС4 и ЧС4 ^Т	371
§ 100. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ60 ^К	374
§ 101. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ80 ^К	376

§ 102. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ80 ^Р	380
§ 103. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ80 ^С	383
§ 104. Управление вспомогательными цепями электровоза ЧС4	388

19. Управление силовыми цепями и цепи сигнализации

§ 105. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ60 ^К	392
§ 106. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80 ^К	400
§ 107. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80 ^Р	403
§ 108. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80 ^С	412
§ 109. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ЧС4	424

20. Защита силовых вспомогательных цепей и цепей управления

§ 110. Защита силовой цепи отечественных электровозов	433
§ 111. Защита вспомогательных цепей отечественных электровозов	444
§ 112. Защита силовых и вспомогательных цепей электровоза ЧС4	445
§ 113. Защита цепей управления	451
Список литературы	452

*Харитон Яковлевич Быстрицкий, Зиновий Моисеевич Дубровский,
Борис Николаевич Ребрик*

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Редакторы *И. К. Петушкова и Р. С. Ахмеджанов*
Переплет художника *А. С. Завьялова*
Технический редактор *Н. Д. Муравьева*
Корректор *Р. А. Казачкина*
ИБ № 1667

Сдано в набор 23.03.81. Подписано в печать 24.11.81. Т-29349. Формат 60×90^{1/16}. Бум. тип. № 2. Гарнитура таймс. Офсетная печать. Усл. печ. л. 28,5. Усл. кр.-отг. 28,5. Уч.-изд. л. 34,35. Тираж 20 000 экз. Заказ 254. Цена 1 р. 10 к. Изд. № 1-1/3/5 № 9614
Издательство «ТРАНСПОРТ», 107174, Москва, Басманный туп., 6а

Набор и фотоформы изготовлены в ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова
113054, Москва, М-54, Валовая ул., 28
Отпечатано в московской типографии № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
129041, Москва, Б. Переяславская ул., д. 46